

# การวางแผนการบริหารทรัพยากรด้วยการ วิเคราะห์ทางสายวิกฤติ

สวัสดิ์ สุคนธรังษี \*

## ความนำ

โดยปกติในการวางแผนงาน ผู้บริหารย่อมมีทางเลือกปฏิบัติได้หลายทาง ในการเลือกทางปฏิบัติที่ดีที่สุดเพื่อกำหนดลงไปเป็นแผนงานนั้น ผู้บริหารก็มีวิธีพิจารณาหลายวิธีด้วยกัน วิธีที่พิชัญกันแล้วในปัจจุบันว่าเป็นวิธีที่ดีที่สุดวิธีหนึ่งก็คือ วิธีการเชิงปริมาณในการวินิจฉัยสั่งการ (quantitative techniques in decision-making) วิธีการนี้ได้มีผู้ค้นคว้าไว้มากมายประกอบด้วยทฤษฎีและหลักการหลายอย่างหลายข้อ และได้มีการประมวลไว้เป็นวิชาการแขนงหนึ่งของการบริหาร เรียกว่า วิทยาศาสตร์การจัดการ (management science) เทคนิคการวิเคราะห์ทางสายวิกฤติ (Critical Path Method) ซึ่งมีชื่อย่อเรียกว่า CPM เป็นวิธีหนึ่งของวิธีการเชิงปริมาณในการวินิจฉัยสั่งการนี้

วิธีการวิเคราะห์ทางสายวิกฤติ มีความสำคัญต่อผู้บริหารในการช่วยวางแผนการใช้ทรัพยากรในองค์การ ให้เป็นประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานอย่างมากที่สุด การปฏิบัติงานตามโครงการทุกอย่างนั้นย่อมมุ่งที่จะให้เสียค่าใช้จ่าย สิ้นเปลืองเวลา และใช้ทรัพยากรต่าง ๆ ให้น้อยที่สุดโดยให้ได้ปริมาณผลงานมากที่สุด และสำเร็จโดยรวดเร็วไม่ชักช้า แต่ความมุ่งหวังทั้งสามประการนี้มีได้มีลักษณะสนับสนุนซึ่งกันและกันจึงอาจปฏิบัติให้ลุล่วงได้ผลสมบูรณ์จริงๆ ได้ยาก ถ้าลองพิจารณาถือเอาความมุ่งหวังประการแรกเป็นหลัก ก็หมายความว่า ผู้บริหารจะต้องพยายามประหยัดค่าใช้จ่าย และการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ ให้ต่ำสุดเป็นประการสำคัญ เมื่อตั้งความมุ่งหวังนี้เป็นหลักแล้ว จะมุ่งให้งานในโครงการสำเร็จโดยรวดเร็วอีกก็อาจปฏิบัติได้ยากเพราะถ้าจะให้งานสำเร็จโดยเร็วก็อาจจำเป็นต้องยอมเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น ในทำนองเดียวกัน จะมุ่งให้ปริมาณผลงานสูงสุด และเสร็จโดยรวดเร็วก็อาจปฏิบัติไม่ได้ เพราะถ้าประสงค์จะได้ผลงานมากขึ้น ก็อาจต้องยืดเวลาปฏิบัติงานออกไป หรือเพิ่มปริมาณทรัพยากรที่ต้องใช้ให้มากขึ้น ความขัดแย้งระหว่างความมุ่งหวังทั้งสามนี้ อาจแก้ได้ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ทางสายวิกฤติ

\* สวัสดิ์ สุคนธรังษี, Ph. D. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ และอาจารย์พิเศษ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

การวิเคราะห์ทางสายวิฤติ อาศัยหลักการวิเคราะห์สายโยงงาน (network) เป็นพื้นฐาน แนวคิดเรื่องการวิเคราะห์สายโยงงานนี้เป็นผลการค้นคว้าทางคณิตศาสตร์ ในที่นี้จึงจะได้อธิบาย แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่เป็นพื้นฐานของเรื่องนี้ประกอบไปด้วยเพื่อให้เกิดความเข้าใจได้ลึกซึ้งขึ้น นอกจากนี้จะได้ทำความเข้าใจไปถึงแนวคิดเรื่องการวิเคราะห์เพื่อวางแผนงานที่มีมาก่อนวิธีการวิเคราะห์ทางสายวิฤติ คือ วิธีการสร้างแผนภูมิกำหนดงานของแกนต์ (Gantt load charting) เพื่อให้ผู้อ่านสามารถเชื่อมโยงแนวคิดทั้งหมดในเรื่องนี้ ให้ต่อเนื่องกัน

### แผนภูมิแกนต์ (Gantt Chart)

Henry Laurence Gantt(1861-1919) ได้วางหลักการไว้ว่า การปฏิบัติงานทุกอย่างอาจวัดได้โดยอาศัยเวลาที่ต้องใช้ในการปฏิบัติงานนั้น ๆ เป็นเกณฑ์ เมื่อสามารถวัดการปฏิบัติงานได้ เช่นนี้ ก็อาจสร้างแผนภูมิงานเพื่อช่วยในการวางแผนและควบคุมการปฏิบัติงานต่าง ๆ ได้ แผนภูมิงานนี้ อาจสร้างขึ้นได้ ในแง่ผู้ปฏิบัติงานแต่ละคน (man record chart) หรือในแง่เครื่องจักรที่ใช้งานแต่ละเครื่อง (machine record Gantt chart) แผนภูมิที่สร้างขึ้นนี้ไม่ว่าจะเป็นแผนภูมิของผู้ปฏิบัติงาน หรือของเครื่องจักรก็ตาม จะต้องมึลักษณะสำคัญประการหนึ่งที่ขาดไม่ได้ คือ การเปรียบเทียบผลการปฏิบัติงานที่ทำไปแล้วกับงานที่บุคคลผู้นั้นหรือเครื่องจักรเครื่องนั้นควรจะปฏิบัติได้สำเร็จ<sup>1</sup>

แผนภูมิของผู้ปฏิบัติงาน (man-record Gantt chart) วิเคราะห์ข้อเท็จจริง เกี่ยวกับผู้ปฏิบัติงานแต่ละคน ดังแสดงไว้ในแผนภาพที่ 1 แผนภาพนี้แสดงตัวอย่างไว้เพียงหนึ่งสัปดาห์ โดยกำหนดมีการปฏิบัติงาน 6 วันต่อสัปดาห์ แต่ละวันปฏิบัติงานวันละ 10 ชั่วโมง ยกเว้นวันเสาร์ ซึ่งมีเวลาทำงาน 6 ชั่วโมง ช่องต่าง ๆ ในแผนภูมิกำหนดให้มีปริมาณเป็นสัดส่วนกับชั่วโมงปฏิบัติงานของแต่ละวัน ในกรณีที่ผู้ปฏิบัติงานคนหนึ่ง ๆ ปฏิบัติงานได้เต็มตามที่กำหนดไว้ เส้นตรงบางจะลากผ่านเต็มในช่วงของวันนั้น ๆ ส่วนผู้ที่ปฏิบัติงานได้ไม่ครบ เส้นตรงบางนี้ก็จะมีความยาวลดลงตามส่วนแต่ถ้าหากปฏิบัติงานได้เกินกว่าที่กำหนดไว้ ก็ลากเส้นบางนี้ให้ยาวเพิ่มขึ้นอีกตามส่วนด้วย เส้นตรงหนาแสดงผลงานรวมในหนึ่งสัปดาห์ ส่วนเส้นไขว้ไปลาทั้งประเภทเส้นบางและเส้นหนา แสดงว่าผู้นั้นกำลังปฏิบัติงานที่ประมาณระยะเวลาไม่ได้ ในกรณี

<sup>1</sup> Rathe, Alex W., ed., *Gantt on Management*, pp. 137 — 195.

ที่ผู้ปฏิบัติงานคนหนึ่ง ๆ ไม่ได้ปฏิบัติงานเต็มตามที่กำหนดไว้ ก็จะต้องมีคำอธิบายสาเหตุของความบกพร่องนี้ โดยใช้อักษรย่อกำกับในช่องว่าง รายละเอียดความหมายของอักษรย่อแต่ละตัว มีปรากฏในท้ายแผนภาพ

ชื่อบุคคล	วัน	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์	
นาย ก.		T	I	T	T		T	
		—————						
นาย ข.		—————						T
		—————						
นาย ค.		T	T	R				
		—————						

————— เวลาที่ปฏิบัติงานแต่ละวัน  
 ————— เวลาที่ปฏิบัติงานทั้งหมดในหนึ่งสัปดาห์

ความหมายของอักษรย่อ : A = ขาด D = ผลงานไม่เรียบร้อย I = ขาดคำแนะนำ  
 ของผู้บังคับบัญชา  
 M = ขาดวัสดุหรือวัสดุเสื่อมคุณภาพ R = ซ่อมเครื่องจักร  
 T = เครื่องมือมีปัญหาหรือขาดเครื่องมือ W = ไม่มีงานมาป้อน

**แผนภาพที่ 1 แผนภูมิของผู้ปฏิบัติงาน (Man record Gantt chart)**

ผู้บังคับบัญชาที่พิจารณาแผนภาพที่ 1 จะสามารถทราบผลการปฏิบัติงานในหนึ่งสัปดาห์ของเจ้าหน้าที่ที่สมมติขึ้น 3 คนเป็นตัวอย่างได้ กล่าวคือ เมื่อเปรียบเทียบความยาวของเส้นตรงหนาทั้งสามเส้นจะเห็นว่า นายข. มีผลงานมากที่สุด คือ 54 ชั่วโมง ช่องแต่ละช่องแทนผลงานเป็นปริมาณสองชั่วโมง แต่ละวันจะมี 5 ช่อง ยกเว้นวันเสาร์ซึ่งมีเพียง 3 ช่อง เพราะทำงานเพียง 6 ชั่วโมง การที่นาย ก. ทำงานทั้งหมดได้เพียง 34 ชั่วโมง ก็มีรายละเอียดอธิบายแล้ว

ว่าแต่ละวันทำงานไม่ครบ 10 ชั่วโมง เพราะสาเหตุอันใดบ้าง เช่น ในวันจันทร์ ทำงานเพียง 6 ชั่วโมง เพราะมีปัญหาเกี่ยวกับเครื่องมือที่ใช้ปฏิบัติงาน ทำให้งานชงกไป 4 ชั่วโมง ในวันอังคาร นาย ก. ก็ปฏิบัติงานได้เพียง 4 ชั่วโมง เพราะผู้บังคับบัญชาไม่ได้มาให้คำแนะนำในการปฏิบัติงานในระหว่าง 6 ชั่วโมงที่เหลือ ดังนั้นเป็นต้น ส่วนนาย ข. นั้นจะเห็นได้ว่า แม้จะปฏิบัติงานไม่ได้ครบตามเกณฑ์ถึงสองวัน คือ วันพฤหัสบดี และวันเสาร์ เพราะขาดเครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติงาน แต่ก็ได้ทำงานในวันอื่นๆ เป็นปริมาณสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด เช่นในวันอังคาร ปฏิบัติงานได้ถึง 12 ชั่วโมง และวันพุธได้ถึง 15 ชั่วโมง เป็นต้นฉะนั้นการปฏิบัติงานทั้งหมดในสัปดาห์หนึ่งของนาย ข. จึงต่ำกว่าเกณฑ์เพียง 2 ชั่วโมงและนับว่ายังสูงกว่า นาย ก. ถึง 20 ชั่วโมง สำหรับนาย ค. นั้นมีผลการปฏิบัติงานรวมเพียง 16 ชั่วโมง เพราะนอกจากจะปฏิบัติงานในวันต่างๆ ไม่ครบตามเกณฑ์แล้วในระหว่างวันพุธถึงวันศุกร์ นาย ค. ก็ไม่ได้ปฏิบัติงานอะไรเลย ถึงสามวันเต็ม เพราะเครื่องจักรต้องหยุดซ่อม

นอกจากจะพิจารณาถึงงานโดยอาศัยแผนภูมิของผู้ปฏิบัติงาน (man-record Gantt-chart) แล้ว ผู้บังคับบัญชายังอาจใช้ แผนภูมิจานของเครื่องจักร (machine record chart) ประกอบไปด้วย แผนภาพที่ 2 แสดงตัวอย่างของแผนภูมิจานของเครื่องจักร ลักษณะของแผนภูมิที่สร้างขึ้น ก็อนุโลมเป็นทำนองเดียวกันกับแผนภูมิของผู้ปฏิบัติงาน

เครื่องจักรที่	วัน	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์
575	H						
597							
615					R		

— เวลาที่เครื่องจักรปฏิบัติงานแต่ละวัน

— เวลาที่ปฏิบัติงานทั้งหมดในหนึ่งสัปดาห์

ความหมายของอักษรย่อ : H = ขาดคนช่วย M = ขาดวัสดุหรือวัสดุเสื่อมคุณภาพ  
R = หยุดซ่อม W = ไม่มีงานมาป้อน

แผนภาพที่ 2 แผนภูมิจานของเครื่องจักร (machine record chart)

จากแผนภาพที่ 2 จะเห็นได้ว่า เครื่องจักรทั้งสามเครื่องปฏิบัติงานได้ไม่เท่ากันมีเครื่องจักรเพียงเครื่องเดียว คือ เครื่องจักรเลขที่ 597 ที่ปฏิบัติงานได้ครบตามเกณฑ์ในสัปดาห์นี้ ส่วนเครื่องจักรอีกสองเครื่องปฏิบัติงานต่ำกว่าเกณฑ์ไปเครื่องละ 10 ชั่วโมง โดยมีสาเหตุไม่เหมือนกัน เครื่องจักรเลขที่ 676 ต้องหยุดการปฏิบัติงานในวันจันทร์ทั้งวันเพราะมีเจ้าหน้าที่ที่จะเดินเครื่องจักรไม่ครบตามจำนวน ส่วนเครื่องจักรเลขที่ 615 ก็ต้องหยุดงานในวันพฤหัสบดีเพราะต้องทำการซ่อมเครื่อง

แผนภูมิทั้งสองนี้ช่วยในการควบคุมงานโดยทั่วไป แต่ในการวางแผนงานจริงๆ นั้นจะต้องอาศัยวิธีการสร้าง แผนภูมิกำหนดงานของแกนต์ (Gantt load charting) เป็นหลัก วิธีการนี้ ก็เป็นเทคนิคต่อเนื่องจากวิธีการสร้างแผนภูมิทั้งสองนี้เอง ในการสร้างแผนภูมิกำหนดงานนี้ ผู้บริหารจะต้องเตรียมการก่อนที่จะวางแผนการปฏิบัติงานแต่ละชั้นดังต่อไปนี้คือ ประการแรก เตรียมวัสดุอุปกรณ์ ที่จะใช้ในการปฏิบัติงานให้พร้อมสรรพ ประการที่สอง กำหนดลักษณะของงานและลำดับความสำคัญของงาน และประการสุดท้ายคำนวณว่าจะต้องปฏิบัติงานแต่ละชั้นนั้นๆ ให้สำเร็จในระยะเวลาเท่าใด เมื่อได้เตรียมการทั้งสามอย่างนี้แล้ว จึงจะพิจารณาปัญหาต่อไปได้ว่าควรจะปฏิบัติงานแต่ละชั้นให้เป็นลำดับชั้นตอนอย่างไร จึงจะประหยัดค่าใช้จ่ายมากที่สุด ได้ผลงานสูงที่สุด และสำเร็จได้ทันเวลาตามเป้าหมายด้วย การที่มีปัญหาการกำหนดลำดับชั้นตอนในการปฏิบัติงานแต่ละชั้นนี้ก็เนื่องจากว่า งานชั้นหนึ่งๆ จำต้องใช้เวลาในการปฏิบัติในตอนหนึ่งๆ ไม่เท่ากันการที่เป็นเช่นนั้นก็เพราะว่า ปริมาณงานแต่ละชั้นไม่เท่ากัน และงานบางชั้นมีลักษณะพิเศษออกไปเช่น สมมติว่า จะต้องทำงานชั้นหนึ่งๆ เป็นสองตอน คือ ตอนแรกตกแต่งโลหะ และตอนที่สองขัดเงา เมื่อเทียบเวลาการปฏิบัติงานระหว่างงานสองชั้นงานชั้นแรกอาจเสียเวลาในตอนแรกมากกว่าชั้นที่สองแต่ใช้เวลาในตอนที่สองน้อยกว่า หรืองานชั้นแรกใช้เวลาในการปฏิบัติงานทั้งสองตอนมากกว่างานชั้นที่สอง หรืออาจเป็นในลักษณะอื่นๆ ก็ได้เทคนิคของวิธีการสร้างแผนภูมิกำหนดงานของแกนต์คือ การกำหนดว่าจะปฏิบัติงานชั้นใดในตอนใดเป็นลำดับก่อนหลังจากงานชั้นอื่นอย่างไร ผู้บริหารอาจจะตัดสินใจว่า งานแต่ละชั้นให้ปฏิบัติไปตามลำดับที่มาถึง ถ้าเป็นเช่นนั้น ก็แปลว่างานที่มาถึงเป็นลำดับแรกก็ต้องเสร็จก่อนแต่การปฏิบัติเช่นนี้มีได้แปลว่าจะทำให้การปฏิบัติงานชั้นต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบผลรวมแล้ว

จะประหยัดเวลาที่สุดหรือจะได้ประโยชน์สูงสุด (optimum) แก่องค์กร เพราะงานบางชิ้น แม้จะมาทีหลังแต่ก็อาจมีความสำคัญรีบด่วน และเป็นผลประโยชน์ต่อองค์การมากถ้าหากสามารถปฏิบัติให้เสร็จก่อนงานที่มาถึงในระดับแรก ๆ บางชิ้นเสียอีก แต่ถ้าหากจะมีการ “ลัดคิว” เช่นนี้ ผู้บริหารก็อาจจะมีปัญหาว่าจะ “ลัดคิว” ในสภาพการณ์เช่นใดบ้าง และจะตัดตอนงานที่มาถึงในลำดับแรก ๆ มากน้อยเพียงใด ดังนั้นเพื่อให้มีเกณฑ์ในการตัดสินใจ เทคนิคของวิธีการสร้างแผนภูมิกำหนดงานของแกนต์จึงระบุว่า เมื่อมีงานหลาย ๆ ชิ้นที่ต้องเสียเวลาในการปฏิบัติงานเป็นสองตอนไม่เท่ากัน ให้เลือกงานที่เสียเวลาน้อยที่สุดในการปฏิบัติตอนแรกเป็นอันดับแรกและให้เลือกงานที่เสียเวลาน้อยที่สุดในตอนที่สอง เป็นอันดับสุดท้าย กระทำเช่นนี้กับงานชิ้นที่เหลือต่อไปเรื่อย ๆ ก็จะทราบได้ว่า จะจัดงานแต่ละชิ้นเป็นลำดับในตอนต่าง ๆ อย่างไร ในกรณีที่เสียเวลาน้อยเท่า ๆ กันจะเลือกงานชิ้นใดก่อนหลังก็ได้<sup>2</sup>

เพื่อให้สะดวกแก่การพิจารณาในที่นี้จะยกตัวอย่างง่าย ๆ มาประกอบ สมมติว่า มีงานที่ต้องปฏิบัติอยู่ 4 ชิ้น และงานแต่ละชิ้นนั้นจะต้องปฏิบัติเป็น 2 ตอน โดยเสียเวลาไม่เท่ากัน มีข้อแม้ว่าก่อนที่จะนำงานแต่ละชิ้น ไปปฏิบัติในตอนที่สอง ได้จะต้องปฏิบัติในตอนหนึ่งให้เรียบร้อยเสียก่อน สมมติว่าการปฏิบัติงานในตอนหนึ่ง คือ การตกแต่งโลหะ และ ตอนที่สองคือการขัดเงา รายละเอียดของเวลาที่ต้องใช้ในการปฏิบัติงานแต่ละชิ้นในตอนต่าง ๆ ปรากฏในตารางที่ 1

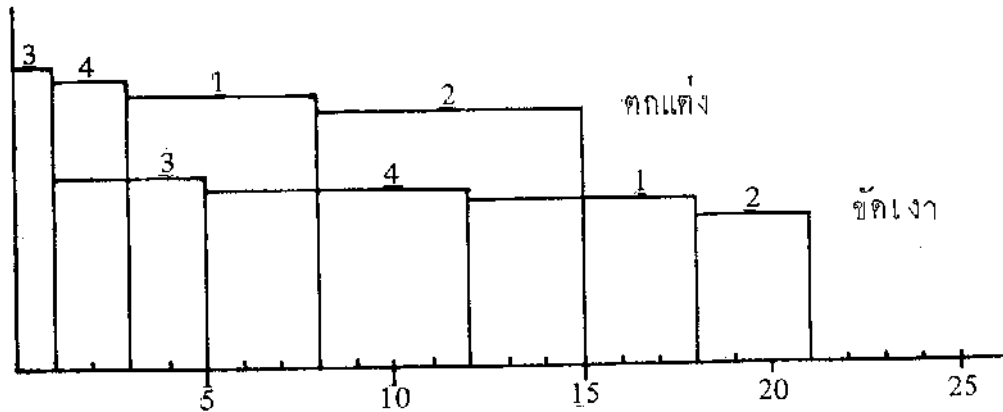
### ตารางที่ 1

#### เวลาที่ต้องใช้ในการปฏิบัติงาน 4 ชิ้น (นาที)

งานชิ้น	ลำดับตอนการปฏิบัติ	
	การตกแต่งโลหะ	การขัดเงา
1	5	6
2	7	3
3	1	4
4	2	7

<sup>2</sup> Richmond, Samuel B., *Operations Research for Management Decisions*, pp. 466-467.

จากหลักเกณฑ์ที่กล่าวมาแล้ว ผู้บริหารก็ต้องเลือกงานชั้นที่สามเป็นอันดับที่หนึ่ง และชั้นที่สองเป็นอันดับสุดท้าย ต่อจากนั้นก็เหลืองานชั้นที่หนึ่งกับชั้นที่สี่ ระหว่างงานสองชั้น หลังนี้จะต้องเลือกงานชั้นที่สี่เป็นอันดับที่สอง และงานชั้นที่หนึ่งเป็นอันดับที่สาม ดังนั้นลำดับของการปฏิบัติงานแต่ละชั้นในแต่ละตอน คือ 3,4,1,2, การที่ปฏิบัติเป็นลำดับเช่นนี้ในแต่ละตอน จะทำให้เสียเวลาน้อยที่สุด คือเพียง 21 นาที เพราะไม่ต้องมีการคอยกันเลยในระหว่างการปฏิบัติงานชั้นต่าง ๆ ในแต่ละตอนดังแสดงไว้ในแผนภาพที่ 3



แผนภาพที่ 3 แผนภูมิกำหนดงานของเกณฑ์

จากแผนภาพที่ 3 ผู้บริหารอาจวางแผนการปฏิบัติงานทั้ง 4 ชั้นได้โดยเสียเวลาและค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด จะเห็นได้ว่า เมื่อตักแต่งโลหะของงานชั้นที่สามเสร็จเรียบร้อยแล้วก็นำไปขัดเงา ในระหว่างงานชั้นที่สามกำลังขัดเงาอยู่ก็สามารถตักแต่งโลหะงานชั้นที่สี่ไปด้วยเสร็จแล้วก็นำงานชั้นที่สี่มาขัดเงา ในขณะที่เดียวกันก็ตักแต่งโลหะงานชั้นที่หนึ่ง แล้วนำมาขัดเงา แล้วก็นำงานชั้นที่สองพร้อมกันไปด้วย เมื่อเป็นเช่นนี้งานตักแต่งและงานขัดเงาก็ไม่มีการหยุดเสียเวลาเลย

ถ้าหากว่าการปฏิบัติงานแต่ละชั้นมีมากกว่าสองตอน ก็พยายามดำเนินการตามหลักการอันเดียวกัน ยกตัวอย่างเช่น ถ้ามีสามตอน ก็เอาเวลาที่ต้องใช้ในการปฏิบัติงานในตอนหนึ่งไปรวมกับตอนที่สอง ได้ผลลัพธ์เท่าใดให้นำไปเทียบกับผลรวมของเวลาที่ต้องปฏิบัติในตอนที่สองกับตอนที่สาม แต่ทั้งนี้มีข้อแม้ว่า เวลาที่ใช้มากที่สุดในการปฏิบัติงานในตอนที่สองนั้นจะต้องไม่สูงกว่าเวลาที่ใช้น้อยที่สุดในตอนที่หนึ่งหรือตอนที่สาม ในกรณีตัวอย่าง

ของตารางที่ 1 สมมติให้มีการปฏิบัติงานตอนที่สามอีก คือ การเข้าหีบห่อ เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานตอนที่สามนี้มีแสดงในตารางที่ 2

## ตารางที่ 2

### เวลาที่ต้องใช้ในการปฏิบัติงาน 3 ตอน (นาที)

ชั้นตอน งานชั้นที่	ตักแต่ง	ขัดเงา	หีบห่อ	ตักแต่ง+ขัดเงา	ขัดเงา+หีบห่อ
1	5	6	7	11	13
2	7	3	12	10	15
3	1	4	10	5	14
4	2	7	8	9	15

ในการพิจารณาวางแผนการปฏิบัติงานทั้ง 4 ชั้นนี้ ให้พิจารณาตัวเลข ในสทมภ์สุดท้าย สองสทมภ์ของตารางที่ 2 ซึ่งจะทำให้สามารถจัดลำดับการปฏิบัติงานได้คือ 3,4,1,2 นั่นคือ ถ้าจัดลำดับตามนี้จะเสียเวลาในการปฏิบัติงานทั้งสิ้น 42 นาที จากการวิเคราะห์ตารางที่ 2 นี้ ก็อาจสร้างแผนภูมิกำหนดงานขึ้นได้ ตามแนวเดียวกับแผนภาพที่ 3 ซึ่งแสดงไว้แล้ว

แผนภูมิกำหนดงานตามแผนภาพที่ 3 นี้เป็นเครื่องมือของผู้บริหารในการวางแผนงานและควบคุมงาน เส้นตรงที่แสดงในแผนภูมิ เป็นเส้นที่วางแผน คือกำหนดว่า จะปฏิบัติงานแต่ละชั้นตามลำดับชั้นตอนอย่างไร จึงจะประหยัดทรัพยากรทั้งหมด และมีผลงานที่ดีที่สุด เมื่อพิจารณาแผนภูมินี้เปรียบเทียบกับแผนภูมิของผู้ปฏิบัติงาน และแผนภูมิงานของเครื่องจักร ดังแสดงไว้ในแผนภาพที่ 1 และที่ 2 ตามลำดับแล้ว ผู้บริหารก็อาจทราบได้ว่าการปฏิบัติงานจริงๆ ได้ก้าวหน้าไปตามที่วางแผนไว้เพียงใด หรือเพื่อความสะดวกผู้บริหารก็อาจ ลากเส้นตรงให้ขนานไปกับเส้น ที่วางแผนของแผนภูมิกำหนดงาน (ในแผนภาพที่ 3) เพื่อแสดงผลการปฏิบัติงานจริงๆ อันจะทำให้ง่ายแก่การพิจารณาเปรียบเทียบก็ได้ ในการเปรียบเทียบงานที่วางแผนกับผลงานที่ปฏิบัติจริงๆ เช่นนี้ ก็จะทำให้ผู้บริหารสามารถแก้ไขปัญหาการปฏิบัติงานล่าช้าได้ ในระหว่างที่ปฏิบัติงานอยู่ แทนที่จะรอไว้แก้ไขเมื่อสายไปเสียแล้ว ทุกครั้งที่แผนภูมิชี้ว่างานกำลังล่าช้ากว่าที่วางแผนไว้ ผู้บริหารก็อาจค้นหาสาเหตุของปัญหาในการ



ปฏิบัติงาน ซึ่งอาจมีได้หลายประการ เช่น ขาดวัสดุอุปกรณ์ ผู้บังคับบัญชาชั้นต้นไม่ให้ความสำคัญดูแลอย่างใกล้ชิด เครื่องจักรมีอุปสรรค เหล่านี้เป็นต้น เมื่อทราบสาเหตุแล้ว ก็อาจแก้ไขสาเหตุเหล่านี้ หรืออาจแก้ปัญหาด้วยการเปลี่ยนใช้ทรัพยากรบางอย่างหรือเพิ่มระยะเวลาทำงานนอกเวลา เพื่อให้มีเวลาปฏิบัติงานนั้นๆ มากขึ้นเป็นการทดแทน ด้วยการปฏิบัติเช่นนี้ ผู้บริหารก็อาจสามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างการวางแผนกับการควบคุมได้อย่างใกล้ชิด

### ทางสายวิกฤติ (Critical Path) และแบบจำลอง (model)

วิธีการสร้างแผนภูมิกำหนดงานของแกนต์ (Gantt load charting) เป็นเทคนิคที่คิดไว้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1917 ในปัจจุบันแม้จะยอมรับกันว่าเทคนิคนี้ยังมีประโยชน์ต่อการวางแผนและควบคุมงานอยู่ แต่ก็ถือว่าเทคนิคนี้เป็นของเก่าแล้ว ที่ยกเช่นนี้ไม่ใช่เพราะว่าเป็นเทคนิคที่คิดขึ้นเมื่อหลายสิบปีมาแล้ว แต่เพราะว่า เทคนิคนี้ไม่อาจใช้ได้ในโครงการที่สลับซับซ้อน (complex project) เนื่องจากว่าในโครงการใหญ่ๆ นั้นนอกจากจะประกอบด้วยงานประเภทต่าง ๆ มากมายแล้วยังมีผลกระทบต่อการปฏิบัติงานส่วนรวมขององค์การทั้งหมดอีกด้วย ในการพิจารณาวางแผนงานของโครงการใหญ่ๆ จึงต้องพิจารณาองค์ประกอบและข้อจำกัดต่างๆ หลายประการสำหรับแผนภูมิกำหนดงานของแกนต์นั้นอาจใช้วิเคราะห์ได้แต่เพียงงานที่เป็นระบบส่วนย่อย (subsystem) ขององค์การเท่านั้นเองไม่สามารถพิจารณาเฉพาะทั้งหมด (total system) ขององค์การได้ แม้ในการพิจารณาระบบย่อย (subsystem) นี้ หากมีงานที่จะต้องวิเคราะห์ หลายอย่างหลายชั้นแผนภูมิกำหนดงานที่สร้างขึ้นก็จะมีลักษณะที่สลับซับซ้อนเพราะต้องประกอบด้วยเส้นต่างๆ มากมายทำให้ยากแก่การพิจารณา นอกจากนั้นการใช้แผนภูมินี้ก็ไม่สามารถขจัดปัญหาการส่งข่าวสาร (Communication) ในองค์การได้ ผู้บริหารอาจจะต้องเสียเวลาเป็นวันๆ กว่าจะทราบว่า การปฏิบัติของหนึ่งตอนใดเกิดล่าช้าขึ้น ยกเว้นเสียแต่ว่า ผู้บริหารจะอุทิศเวลาทั้งหมดเพื่อตรวจตรา การปฏิบัติงานทุกอย่างทุกตอน ซึ่งเป็นสิ่งที่ปฏิบัติจริงๆ ได้โดยลำบาก ดังนั้น ในปี ค.ศ. 1957 M.R. Walker และ James E. Kelly, Jr. จึงได้คิดค้นเทคนิคใหม่ที่กำหนดว่าวิธีการของแกนต์ซึ่งเรียกว่า วิธีการวิเคราะห์ทางสายวิกฤติ (Critical Path method) วิธีการใหม่นี้อาจกล่าวได้ว่าเป็นวิวัฒนาการของวิธีการสร้างแผนภูมิกำหนดงานของแกนต์นั่นเอง วิธีการใหม่นี้ อาศัยแนวคิดเรื่องการวัดงาน และความสัมพันธ์ของงานที่ได้จากแกนต์มาเป็นพื้นฐาน แต่ได้เพิ่มเติมแนวคิดเรื่อง การวิเคราะห์กิจกรรมสำคัญ (activity) และวิธีการวิเคราะห์ค่าใช้จ่าย

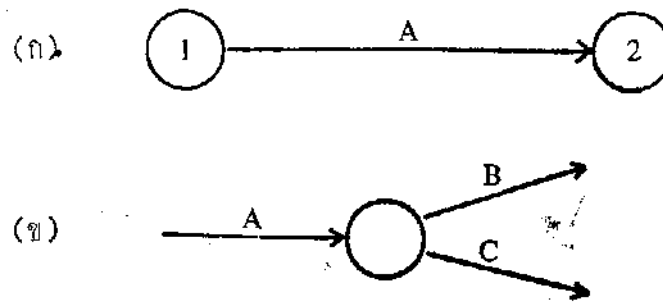
จ่ายและเวลาโดยอาศัยเครื่องจักรกลคณนา (Computer) ลงไป ทำให้สามารถวางแผนงานของโครงการที่สลับซับซ้อนและใหญ่โตได้

ลักษณะของสายโยงงาน (network) ก่อนที่จะพิจารณารายละเอียดของวิธีการวิเคราะห์ทางสายวิกฤติ (Critical path Method) ควรจะได้กล่าวถึงแนวคิดพื้นฐานในเรื่องสายโยงงาน (network) เสียก่อน

การกระทำทุกอย่างอาจอธิบายได้ด้วยหลักเหตุและผลของสายโยงงาน (logical network) ลักษณะของสายโยงงานที่อาจพิจารณาเห็นได้โดยง่ายมีหลายอย่าง เช่น ถนนที่เชื่อมต่อ การเดินทางระหว่างจุด ต่าง ๆ ทางรถไฟ และระบบวงจรของสายไฟฟ้า เป็นต้น สายโยงงานของการกระทำ อย่างเดียวกันไม่จำเป็นต้องมีลักษณะเหมือนกันทุกอย่างเสมอไป แต่อย่างไรก็ดี ในสภาพการณ์ที่มีลักษณะเด่นเหมือนกัน สายโยงงานก็อาจมีสาระสำคัญที่คล้ายคลึงกันได้ เช่น สมมติว่าบุคคลหนึ่ง ประสงค์จะเดินทางจากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่ง บุคคลผู้นี้ก็อาจต้องปฏิบัติกรอย่างน้อย 5 ขั้น ก่อนที่จะเดินทางไปถึงที่หมายคือ ขั้นแรกตัดสินใจให้แน่นอนว่าจะออกเดินทางจากสถานใดไปถึงสถานใด ขั้นที่สอง ศึกษาสายการคมนาคม เช่นว่าจะไปได้โดยทางบกหรือทางอากาศ ขั้นที่สามวางแผนลงไปได้ว่า ประสงค์จะเดินทางให้ไปถึงโดยเร็วที่สุด หรือว่า ให้สบายที่สุดแต่ไม่จำเป็นต้องรวดเร็ว ขั้นที่สี่ ตัดสินใจเลือกสายการคมนาคมที่สอดคล้องกับเกณฑ์ที่วางไว้ และขั้นสุดท้าย พิจารณาประเมินดูว่า สายการคมนาคมที่เลือกไว้นั้นอำนวยความสะดวกที่สุดจริงหรือไม่ในระหว่างการเดินทาง การปฏิบัติตามขั้นต่าง ๆ นี้รวมกันแล้วเรียกว่า สายโยงงานในการเตรียมการเดินทางครั้งนี้ (trip network)

ผู้รู้บางท่านอาจตำหนิว่า เรื่องของสายโยงงานนั้นน่าจะมิใช่เป็นเรื่องใหม่ที่พิเศษพิสดารอะไร เพราะการคิดทำงานให้เป็นขั้นตอนนั้นก็ยังมีมานานแล้ว มีมานานก่อนที่จะมีการใช้คำว่า สายโยงงาน (network) เสียอีก การที่กันเช่นนี้ก็มีส่วนเป็นความจริงอยู่ แต่ว่าการที่หลักวิชาการวิเคราะห์ทางสายวิกฤติได้นำแนวคิดเรื่องสายโยงงาน มากำหนดเป็นพื้นฐานของการวางแผนงานก็เพื่อให้ผู้บริหารสามารถมีหลักเกณฑ์แน่นอนที่จะประยุกต์กับงานทุกประเภททุกขนาดไม่ว่าใหญ่หรือเล็กหรือมีความสลับซับซ้อนเพียงใด การคิดทำงานให้เป็นขั้นตอนที่มีในสมัยก่อนๆ นั้น อาจช่วยผู้บริหารได้แคในกรณีทำงานไม่มีความสลับซับซ้อนหรือใหญ่โตมากนัก ถ้าหากว่างานที่จะต้องปฏิบัตินั้นประกอบด้วยงนย่อย ๆ หลายพันหลายหมื่นชิ้น การคิดลำดับให้เป็นขั้นตอนตามวิธีการทั่ว ๆ ไปก็อาจกระทำสำเร็จได้โดยยาก หรือเป็นสิ่งที่เกือบสุวิสัย

การที่จะทราบหลักเหตุและผลของสายโยงงานหนึ่ง ๆ กระทำได้โดยพิจารณาให้เป็นขั้นตอน 4 ประการดังต่อไปนี้ คือ ประการแรก นิยามขอบเขตและความมุ่งหมายโครงการปฏิบัติงานหนึ่ง ๆ เสียก่อน ประการที่สอง แยกลงไปว่า การปฏิบัติงานตามโครงการนั้น ๆ จะต้องปฏิบัติงานย่อย ๆ ชั้นใดบ้าง งานย่อยนี้ เรียกตามภาษาของหลักการวิเคราะห์ทางสายวิฤติว่า “กิจกรรม” (activity) ประการที่สาม พิจารณาระยะเวลาที่เริ่มต้นและระยะที่สิ้นสุดของกิจกรรมแต่ละอัน จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของกิจกรรมหนึ่ง ๆ นี้เรียกว่า เหตุการณ์ (event) และประการสุดท้าย วิเคราะห์ช่วงเวลา ทรัพยากรที่ต้องใช้ และข้อจำกัดต่าง ๆ ในการปฏิบัติกิจกรรมหนึ่ง ๆ เมื่อได้พิจารณาครบ ทั้ง 4 ประการนี้แล้ว ก็อาจเขียนไดอาแกรม (diagram) แสดงสายโยงงาน ของโครงการปฏิบัติงานนั้น ๆ ได้ หลักของการวิเคราะห์ทางสายวิฤติกำหนดว่า กิจกรรมแต่ละอันให้ใช้ลูกศรแทนหนึ่งเส้น ลูกศรนี้จะมีควมยาวเท่าใดก็ได้และอาจเป็นเส้นตรงหรือเส้นโค้งก็ได้ แต่ลูกศรเส้นหนึ่ง ๆ จะต้องมีความยาวต่อเนื่องกันไม่ขาดตอน และลูกศรเส้นนี้จะต้องแทนช่วงหนึ่งของเวลาที่จะใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมนั้นให้สำเร็จ ตอนต้นของลูกศรแสดงระยะเวลาที่เริ่มต้นปฏิบัติกิจกรรม ส่วนตอนปลายของลูกศร แสดงระยะเวลาที่เสร็จสิ้นการปฏิบัติกิจกรรมนั้น ๆ สำหรับเหตุการณ์หนึ่ง ๆ นั้นให้ใช้วงกลมแทนหนึ่งวง วงกลมนี้จะวางไว้ที่ตอนต้น และตอนปลายของลูกศร วงกลมแต่ละวงไม่มีความหมายแทนช่วงเวลา เพราะถือว่าเป็นจุดต่อเนื่องระหว่างกิจกรรมต่างๆ เท่านั้นลักษณะของไดอาแกรมลูกศร (arrow diagram) ที่แสดงกิจกรรมและเหตุการณ์ปรากฏใน แผนภาพที่ 4

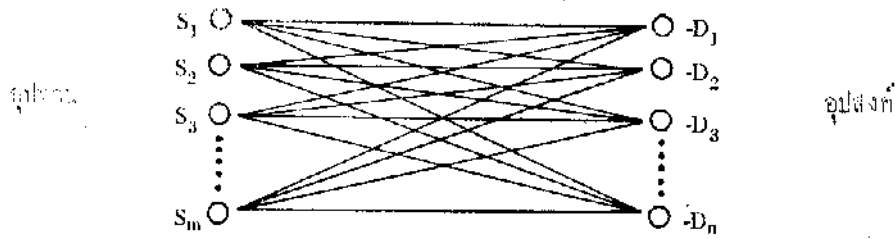


แผนภาพที่ 4 (ก) ลูกศรแสดงกิจกรรม A ระหว่างเหตุการณ์สองอย่าง (ข) แผนภูมิลูกศร แสดงกิจกรรมสามอย่างโดยกำหนดว่าต้องกระทำกิจกรรม A ให้เสร็จก่อนจึงจะเริ่มกิจกรรมอื่นๆได้

จากแผนภาพที่ 4 จะสังเกตเห็นได้ว่า สายโยงงานที่สร้างขึ้นเป็นไดอะแกรมลูกศรนี้บังคับว่า เหตุการณ์แต่ละอย่างจะเกิดขึ้นไม่ได้จนกว่า กิจกรรมอันหนึ่งอันใด หรือหลายอันที่เกี่ยวข้องกับ เหตุการณ์นั้น ๆ ได้ปฏิบัติสำเร็จเสร็จสิ้นลงไปแล้ว และในทำนองเดียวกัน กิจกรรมแต่ละอัน ก็จะเริ่มต้นไม่ได้ ถ้าหากว่าเหตุการณ์ที่เป็นจุดเริ่มต้นของกิจกรรมนั้น ๆ ยังไม่บังเกิด วิธีการสร้าง ไดอะแกรมลูกศร จะกล่าวถึงโดยละเอียดอีกครั้งหนึ่ง ในหัวข้อเรื่องการทำแผนวิเคราะห

เมื่อพิจารณาสายโยงของงานในเชิงคณิตศาสตร์ จะเห็นได้ว่า กิจกรรมแต่ละอันจะประกอบด้วยปริมาณที่เป็นอุปทาน (supply) ผสมกับปริมาณที่เป็นอุปสงค์ (demand) กล่าวคือ ปริมาณผลผลิตของกิจกรรมหนึ่ง ๆ จะเป็นผลจากการที่สามารถใช้ค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดในการขนย้ายทรัพยากรมาจากกิจกรรมที่อยู่ก่อนหน้า โดยพิจารณาเทียบอัตราค่าใช้จ่ายในการขนย้ายทรัพยากรเป็นหน่วย ๆ การเทียบอัตราค่าขนย้ายทรัพยากรเป็นหน่วยนี้พิจารณาจากการที่กิจกรรมที่อยู่ก่อนหน้าส่งทรัพยากรมาหนึ่งหน่วย และกิจกรรมปัจจุบันรับทรัพยากรไว้หนึ่งหน่วย ดังนั้นข้อจำกัด (Constraint) ของกิจกรรมแต่ละอันจึงประกอบด้วย สัมประสิทธิ์ (coefficient) ที่ไม่ใช่ศูนย์สองตัว คือ  $+1$  และ  $-1$

ลักษณะของสายโยงงานตามความหมายทางคณิตศาสตร์ จะประกอบด้วยจุด (node) และเส้น (arc) ที่เชื่อมจุดต่าง ๆ เป็นคู่ ๆ เส้นนี้อาจเป็นเส้นตรงหรือเส้นโค้งก็ได้ จุดนี้จะมีจำนวนได้มากมาย คือ  $1, 2, 3, \dots, p$  ส่วนเส้นที่เชื่อม ก็จะเชื่อมระหว่างจุด  $i$  ไป จุด  $j$  โดยมีสมมติฐานว่า มีเส้นเพียงเส้นเดียวเท่านั้นที่จะเชื่อมระหว่าง  $i, j$  จุดต่าง ๆ แบ่งได้เป็น สองประเภทคือ จุด  $i$  เป็นประเภทอุปทาน (supply) และ จุด  $j$  เป็นประเภทอุปสงค์ (demand) ทรัพยากรแต่ละหน่วยที่เคลื่อนจากจุด  $i$  ไปยังจุด  $j$  จะมีปริมาณไม่เปลี่ยนแปลงเสมอไป เส้นที่เชื่อมระหว่างจุด  $i$  ไปยัง จุด  $j$  นี้ เรียกว่าทาง (path) ในสายโยงงานทั่ว ๆ ไปจะต้องมีเส้นเชื่อมระหว่างจุดสองจุดนี้เสมอ ถ้าหากสายโยงงานนี้มีทางที่เชื่อมครบระหว่างทุก ๆ จุดและวกกลับไปถึงจุดเดิมที่เริ่มต้นที่แรกเรียกว่า สายโยงงานประเภทมีวงจรที่กำหนด (directed cycle) หากสายโยงงานนี้ไม่วกกลับไปที่จุดเดิมที่เริ่มต้นที่แรก เรียกว่า สายโยงที่ไม่เป็นวงจร (acyclic network) ลักษณะของความสัมพันธ์ระหว่างอุปทาน และ อุปสงค์ ในสายโยงงานอาจพิจารณาได้จากแผนภาพที่ 5



แผนภาพที่ 5 สายใยงานแสดงอุปทานและอุปสงค์

ความหมายของแผนภาพที่ 5 ก็คือว่า ถ้าจุดที่จะส่งทรัพยากรไปมี  $m$  จุด และจุดที่จะรับทรัพยากรมี  $n$  จุด จุด  $i$  ซึ่งเป็นจุดประเภทอุปทานก็จะส่งทรัพยากร  $s_i$  ไปได้ ส่วนจุด  $j$  ซึ่งเป็นจุดประเภทอุปสงค์ก็จะต้องการทรัพยากร  $d_j$  เป็นอย่างน้อย ปริมาณ  $s_i$  และ  $d_j$  นี้กำหนดไว้แน่นอนในช่วงของการวางแผน ในขณะที่เกี่ยวกับการส่งทรัพยากร  $s_i$  ไปสนองความต้องการทรัพยากร  $d_j$  นี้จะต้องเสียค่าใช้จ่าย  $c_{ij}$  ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่จะต้องพิจารณาในที่นี้ ก็คือเลือกทาง (path) ที่จะเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดในการเคลื่อนย้ายทรัพยากร เพื่อให้จะให้เข้าใจปัญหานี้ได้ดีขึ้นอาจพิจารณาแผนภาพที่ 5 เทียบกับตารางที่ 3

ตารางที่ 3

ตารางสัมพันธ์จุดและเส้นของสายใยงาน

$X_{11}$ $X_{12}$ ... $X_{1n}$	$X_{21}$ $X_{22}$ ... $X_{2n}$	...	$X_{m1}$ $X_{m2}$ ... $X_{mn}$	ข้อจำกัด
1   1   ...   1	1   1   ...   1	...	1   1   ...   1	$\leq S_1$ $\leq S_2$ ... $\leq S_m$
-1 -1 : -1	-1 -1 : -1	...	-1 -1 : -1	$\leq -D_1$ $\leq -D_2$ ... $\leq -D_n$
$C_{11}$ $C_{12}$ ... $C_{1n}$	$C_{21}$ $C_{22}$ ... $C_{2n}$	...	$C_{m1}$ $C_{m2}$ ... $C_{mn}$	หาค่าใช้จ่ายต่ำสุด

ตารางที่ 3 เป็นคำอธิบายโครงสร้างของสายโยงงานทั้งหมด ตารางนี้เรียกว่า ตารางสัมพันธ์จุดและเส้นของสายโยงงาน (node-arc incidence matrix) เพราะตารางนี้แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างทาง (path) สายต่าง ๆ ที่เชื่อมระหว่างจุดแต่ละคู่ แถว (row) แต่ละแถวในตารางแทนค่าของจุดแต่ละจุด ส่วนสทกมภ์ (Column) แต่ละสทกมภ์แทนค่าเส้นแต่ละเส้น สมการไม่เท่าทั้งหมดในตารางแสดงข้อจำกัดของการเคลื่อนย้ายทรัพยากรตามสายโยงงาน ซึ่งอาจเขียนสรุปได้เป็นสมการไม่เท่าสองอันดังต่อไปนี้

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} \leq S_i \quad (i = 1, 2, \dots, m)$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} \geq D_j \quad (j = 1, 2, \dots, n)$$

โดยมีข้อแม้ว่า  $X_{ij} \geq 0$  สำหรับ  $i$  และ  $j$  ทุกตัว

สมการไม่เท่าข้างบนอันแรกแสดงข้อเท็จจริงว่าทรัพยากรที่จะเคลื่อนย้ายตามสายโยงงานจากจุดหนึ่ง ไปอีกจุดหนึ่งจะต้องมีปริมาณไม่เกินอุปทานที่จะจัดส่งให้ได้ ส่วนสมการไม่เท่าอันที่สองก็แสดงข้อเท็จจริงต่อไปนี้ ในขณะที่เดียวกันทรัพยากรที่เคลื่อนย้ายไประหว่างจุดแต่ละคู่นี้ก็จะต้องมีปริมาณไม่น้อยกว่าอุปสงค์ที่จะรับด้วย สมการที่สองนี้เมื่อเอาลบหนึ่งไปคูณตลอดก็จะเป็นลักษณะของสมการไม่เท่าที่ตรงกันข้ามกับสมการที่หนึ่ง ให้เป็นเช่นเดียวกับสมการที่หนึ่ง ดังแสดงไว้แล้วในตารางที่ 3

จะสังเกตเห็นได้ว่า ในสทกมภ์แต่ละสทกมภ์ของตารางที่ 3 มีสัมประสิทธิ์ที่ไม่ใช่ศูนย์สองตัวคือ  $+1$  และ  $-1$  สัมประสิทธิ์นี้แสดงปริมาณของทรัพยากรที่เคลื่อนย้ายไประหว่างจุดแต่ละคู่ ปริมาณ  $+1$  แสดงการเคลื่อนย้ายของทรัพยากรจากจุด  $i$  ส่วนปริมาณ  $-1$  แสดงการเคลื่อนย้ายของทรัพยากรที่มาถึงจุด  $j$

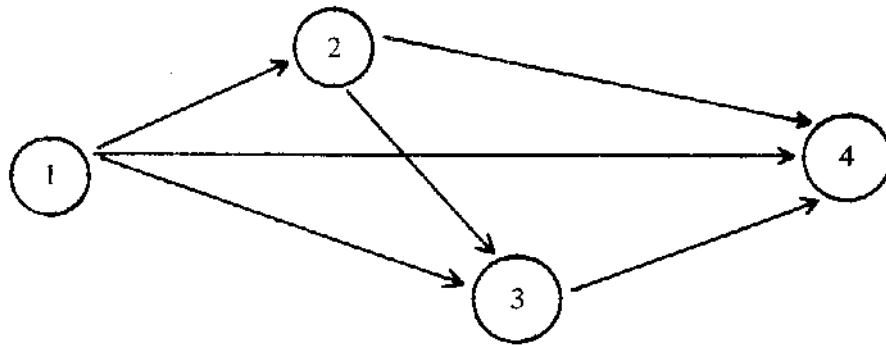
ทางสายวิฤติกับสายโยงงาน จากที่กล่าวมา จะเห็นได้ว่า สายโยงงานก็คือแผนของการปฏิบัติงานนั่นเอง การวิเคราะห์สายโยงงานนี้ก็เพื่อให้ทราบว่า จะต้องปฏิบัติงานขั้นใดก่อนหลังกว่ากันอย่างไร เมื่อสามารถสร้างสายโยงงานของการปฏิบัติงานหนึ่ง ๆ แล้วก็ต้องมีการกำหนดว่า การปฏิบัติงานแต่ละขั้นจะกินเวลาเท่าใด เพื่อให้ทราบว่า การปฏิบัติงานทั้งหมดจะต้องใช้เวลาเท่าใดจึงจะเสร็จสิ้น การกำหนดเวลาในการปฏิบัติงานทั้งหมดนี้ขึ้นอยู่กับสิ่งสำคัญ

ประการหนึ่งคือ ทางสายวิกฤติ (critical path) ทาง (path) แต่ละสายหมายถึงเส้นที่เชื่อมระหว่างจุด  $i$  ไปยังจุด  $j$  นั่นก็คือ ลำดับของงานย่อยที่จะต้องปฏิบัติ โดยมีข้อแม้ว่างานที่มาก่อนจะต้องปฏิบัติให้เสร็จก่อนจึงจะปฏิบัติงานย่อยชิ้นต่อไปได้ ในสายโยงานจะประกอบด้วยทาง (path) ต่าง ๆ หลายสาย ซึ่งจะเห็นชัดเจนต่อไปเมื่อพิจารณาถึงหัวข้อเรื่องแบบจำลองและหลักการคำนวณค่าตบของแบบจำลอง จำนวนของทางที่จะมีในสายโยงานนั้นขึ้นอยู่กับว่าจะมีโอกาสปฏิบัติงานย่อยชิ้นต่าง ๆ พร้อมกันได้กี่อย่าง ทางที่จะต้องใช้ทรัพยากรมากที่สุดเรียกว่า ทางสายวิกฤติ (critical path) ส่วนกิจกรรมที่อยู่ในทางสายนี้เรียกว่า กิจกรรมวิกฤติ (critical activity) การที่เรียกทางสายที่จะต้องใช้ทรัพยากรมากที่สุดในการปฏิบัติโดยชื่อเช่นนี้ก็เพราะว่า ถ้าหากการปฏิบัติกิจกรรมหนึ่งกิจกรรมใดในทางสายนี้ชักช้าลง ไปกว่าที่กำหนด การปฏิบัติงานทั้งหมดก็จะต้องคลาดเคลื่อนล่าช้า ไปกว่าที่กำหนดไว้ในแผนการ ในทางตรงกันข้ามหากสามารถเร่งให้การปฏิบัติงานในทางสายนี้เสร็จได้เร็วขึ้นจะเป็นด้วยการเพิ่มเครื่องจักรหรือเพิ่มเวลาปฏิบัติงานพิเศษหรือเพิ่มทรัพยากรอื่นใดก็ตาม ก็อาจทำให้การปฏิบัติงานทั้งหมดเสร็จได้เร็วกว่าที่ประมาณไว้ในแผนการ ส่วนการปฏิบัติงานในทางสายอื่น ๆ นั้นไม่มีลักษณะรีบร้อนเหมือนกับการปฏิบัติงานในทางสายวิกฤติ กล่าวคือ ถึงแม้ว่าจะปฏิบัติงานล่าช้าไปกว่าที่กำหนดเอาไว้ ก็อาจจะไม่มีผลกระทบต่อการทำงานทั้งหมดเลย เพราะไม่ได้ทำให้การปฏิบัติงานทั้งหมดช้าลงไป และในขณะเดียวกันถ้าหากมีการปฏิบัติงานในทางสายนี้ให้รวดเร็วขึ้นกว่าที่กำหนดไว้ในแผนการ ก็จะเป็นการสิ้นเปลืองโดยเปล่าประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานเป็นส่วนตัว เนื่องจากว่า แม้การปฏิบัติงานในทางสายนี้สำเร็จลงไปแล้ว ก็ยังจะต้องไปรอการปฏิบัติงานในทางสายอื่นอยู่นั่นเอง มิได้ทำให้การปฏิบัติงานทั้งหมดได้สำเร็จลงไป

แบบจำลองของทางสายวิกฤติ<sup>3</sup> การที่จะเข้าใจแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (mathematical model) ของทางสายวิกฤติได้อย่างชัดเจนนั้นควรจะพิจารณาเปรียบเทียบไปกับลักษณะของทางสายที่สั้นที่สุด (least-cost route) ในสายโยงาน เพราะว่าทางสายวิกฤติ คือสายที่ใช้ทรัพยากรมากที่สุดคงได้กล่าวมาแล้ว ทางสายนี้จึงมีลักษณะที่ตรงกันข้ามกับทางสายที่ใช้ทรัพยากรน้อยที่สุด เนื่องจากทางสายที่สั้นที่สุดนี้ยังอาจแยกได้เป็นหลายประเภทในที่นี้จะได้กล่าวถึงแต่เพียงทางสายที่สั้นที่สุดที่มีลักษณะเป็นสายโยที่ไม่เป็นวงจร (acyclic network) เพราะเป็นลักษณะของสายโยงานที่เป็นประเภทเดียวกับทางสายวิกฤติ

<sup>3</sup> สุกนธรังษี, เสวีลดี, การบริหารด้วยการวิจัยปฏิบัติการ, หน้า 8-11, 32-40

สมมติว่าสายโยงานหนึ่งประกอบด้วยจุด 4 จุด และอาจเชื่อมจุดต่าง ๆ ใดก็ได้ถึงกัน โดยมีข้อแม้ว่า จะต้องเชื่อมจากจุดที่มีลำดับต่ำกว่าไปยังจุดที่มีลำดับสูงกว่าเท่านั้น ดังแสดงในแผนภาพที่ 6 สายโยงานนี้จึงประกอบด้วยทางหลายสาย เช่นอาจเริ่มจากจุดที่หนึ่งไปยังจุดที่สอง ที่สาม และสี่ตามลำดับก็ได้ หรือตรงจากจุดที่หนึ่งไปยังจุดที่สี่ทีเดียวเลยก็ได้ เป็นต้น และถ้ากำหนดต่อไปว่า เส้น (arc) ที่เชื่อมระหว่างจุด  $i, j$  ต่าง ๆ นี้มีความสัมพันธ์กับค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงานตามทางแต่ละสายเป็นปริมาณ  $C_{ij}$  (ปริมาณ  $C_{ij}$  ไม่จำเป็นต้องเป็นอัตราส่วนกับความยาวของเส้นที่เชื่อมระหว่างจุด) ก็อาจจะสร้างแบบจำลองของทางสายที่สั้นที่สุดของสายโยงานนี้ได้



แผนภาพที่ 6 แบบจำลองทางสายที่สั้นที่สุด (least-cost route model)

จากแผนภาพที่ 6 จะเห็นได้ว่า  $i$  ซึ่งเป็นจุดประเภทอุปทาน มี 3 จุด คือ 1, 2, 3 ส่วน  $j$  ซึ่งเป็นจุดประเภทอุปสงค์ก็มี 3 จุดเช่นเดียวกันคือ 2, 3, 4 ถ้าสมมติให้  $y$  เป็นตัวแทนค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงานตามทางสายที่สั้นที่สุดจากจุด  $i$  ไปยังจุด  $j$  ( $j > i$ ) ก็อาจเขียนแบบจำลองคณิตศาสตร์ของทางสายที่สั้นที่สุดนี้ได้คือ

หาผลประโยชน์สูงสุดของ  $1 y_1$

โดยมีข้อจำกัด  $1 y_i \leq C_{ij} + y_j$  ( $i=1, 2, 3; j=2, 3, 4$ )

สมการไม่เท่าในแบบจำลองข้างบนนี้ ก็คือ

$$1 y_1 \leq C_{12} + y_2$$

$$1 y_1 \leq C_{13} + y_3$$

$$1 y_1 \leq C_{14}$$

$$1 y_2 \leq C_{23} + y_3$$

$$1 y_2 \leq C_{24}$$

$$1 y_3 \leq C_{34}$$



ความหมายของสมการไม่เท่าที่ขยายความออกมาเป็น ๘ สมการนี้ก็คือ ค่าใช้จ่ายของ  $y_1$  แต่ละหน่วยจะต้องไม่เกินค่าใช้จ่ายที่ต้องย้ายทรัพยากรแต่ละหน่วยจากจุดอุปทานไปยังจุดอุปสงค์ต่าง ๆ แต่ละจุด กล่าวอีกอย่างหนึ่งได้ว่า

$1y_1$  จะตั้งเท่ากับปริมาณต่ำสุดของ  $C_{12} + y_2, C_{13} + y_3,$  และ  $C_{14}$  และในขณะเดียวกันปริมาณ  $1y_2$  ต้องเท่ากับปริมาณต่ำสุดของ  $C_{23} + y_3$  และ  $C_{24}$  และปริมาณ  $y_3$  ต้องเท่ากับปริมาณต่ำสุดของ  $C_{34}$  ส่วนค่าใช้จ่ายของ  $y_4 = 0$  จึงจะได้ค่าใช้จ่ายที่ต่ำสุดของ  $y_1$  ความหมายของข้อจำกัดนี้อาจพิจารณาได้ชัดเจนยิ่งขึ้นจากตารางที่ 4

ตารางที่ 4

ตารางวิเคราะห์แบบจำลองทางสายที่สั้นที่สุด

$y_1$	$y_2$	$y_3$	ข้อจำกัด
1	-1		$\leq C_{12}$
1		-1	$\leq C_{13}$
1			$\leq C_{14}$
	1	-1	$\leq C_{23}$
	1		$\leq C_{24}$
		1	$\leq C_{34}$
1	0	0	หาผลประโยชน์สูงสุด

ตารางที่ 4 ข้างบนนี้เมื่อพิจารณาโดยผิวเผิน ๆ อาจเห็นว่าไม่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์สายโยงงานในแง่อุปทานและอุปสงค์ตั้งอธิบายไว้ในหัวข้อก่อน ๆ แต่แท้ที่จริงแล้วเมื่อพิจารณาโดยละเอียดก็จะเห็นว่า ตารางที่ 4 นี้ก็คือ ตารางสัมพันธ์สลับ (transposed network technology) ของตารางสัมพันธ์จุดและเส้นของสายโยงงาน (node-arc incidence matrix) ที่แสดงไว้ในตารางที่ 3 นั้นเอง เมื่อกลับตารางสัมพันธ์สลับนี้แล้ว ก็จะได้ตารางสัมพันธ์จุดและเส้นของสายโยงงานที่ประกอบด้วยจุด 4 จุด ของตัวอย่างสมมตินี้ ดังแสดงในตารางที่ 5

## ตารางที่ 5

## ตารางสัมพันธ์จุดและเส้นของสายโยงานที่สั้นที่สุด

$X_{12}$	$X_{13}$	$X_{14}$	$X_{23}$	$X_{24}$	$X_{34}$	ข้อจำกัด
1	1	1				= 1
-1			1	1		= 0
	-1		-1		1	= 0
$C_{12}$	$C_{13}$	$C_{14}$	$C_{23}$	$C_{24}$	$C_{34}$	หากค่าใช้จ่ายต่ำสุด

เมื่อเข้าใจลักษณะเบื้องต้นของแบบจำลองคณิตศาสตร์ของทางสายที่สั้นที่สุดได้เช่นนี้แล้ว ก็อาจเข้าใจแบบจำลองคณิตศาสตร์ของทางสายวิกฤติได้โดยง่าย เพราะทางสองสายนี้มีลักษณะตรงข้ามกัน คือแทนที่จะเป็นทางสายที่สั้นที่สุด ทางสายวิกฤติก็เป็นทางสายที่ยาวที่สุด (longest path)

ในการสร้างแบบจำลองของทางสายวิกฤติ จะต้องมีการกำหนดลำดับที่ของงานเพื่อให้ทราบว่าการใดจะต้องปฏิบัติให้เสร็จสิ้นก่อนการเริ่มต้นของงานใดบ้าง จากตัวอย่างของสายโยงานของทางสายที่สั้นที่สุดที่แสดงไว้ในแผนภาพที่ 6 อาจวิเคราะห์ทางสายวิกฤติได้ หากทราบลำดับที่ของการปฏิบัติงานในสายโยงานนี้

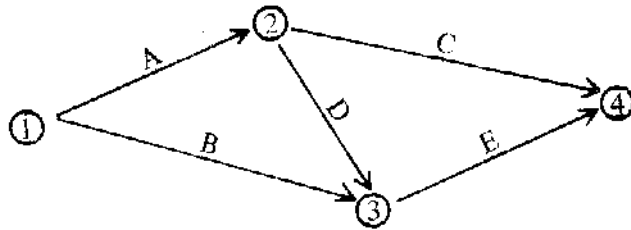
สมมติว่า การปฏิบัติงานย่อยในสายโยงานนี้มี 5 ชั้น คือ A,B,C,D และ E และมีลำดับที่การปฏิบัติงานดังนี้ คือ

งาน A และ B ไม่มีงานที่ต้องปฏิบัติให้เสร็จนำมาก่อน

งาน C และ D ต่างจะปฏิบัติได้เมื่อกเสร็จงาน A แล้ว

งาน E จะปฏิบัติได้ต้องเสร็จทั้งงาน B และ D

เมื่อกำหนดเช่นนี้ก็อาจเริ่มพิจารณาจากข้อเท็จจริงที่ว่า เนื่องจากงาน A และ B ไม่ใช่งานที่ต้องปฏิบัติให้เสร็จก่อน จึงเป็นงานที่เริ่มปฏิบัติได้เลย ฉะนั้นจุดเริ่มต้นของงานทั้งสองชั้นนี้คือ จุดที่หนึ่ง แต่การปฏิบัติเสร็จของงานทั้งสองนี้จะใช้ทรัพยากรไม่เท่ากันงาน A เป็นงานย่อยชั้นที่หนึ่ง เริ่มจากจุดที่หนึ่ง ก็จะไปเสร็จที่จุดที่สอง ค่าใช้จ่ายของการปฏิบัติงาน A จึงเท่ากับ  $c_{12}$  ส่วนงาน B ก็จะไปเสร็จที่จุดที่สามจึงเสียค่าใช้จ่าย  $c_{13}$  สำหรับงาน C และ D นั้นอาจเริ่มพร้อมกันได้ทั้งจุดที่สองเพราะต่างจะปฏิบัติได้เมื่อเสร็จงาน A แล้ว เฉพาะงาน C นั้นเมื่อเริ่มต้นจากจุดที่สองก็จะไปเสร็จที่จุดที่สี่ งาน C นี้จะเสียค่าใช้จ่ายเท่ากับ  $c_{24}$  แต่งาน D นั้นจะต้องเสร็จพร้อมกันกับงาน B เพราะว่่างาน E จะปฏิบัติได้ต่อเมื่อเสร็จทั้งงาน B และ D แล้ว ฉะนั้นงาน D จึงเริ่มจากจุดที่สองมาเสร็จที่จุดที่สาม และเสียค่าใช้จ่ายเท่ากับ  $c_{23}$  ข้อเท็จจริงระบุต่อไปว่ามีงานย่อยเพียง 5 ชั้น เมื่อเสร็จงาน E แล้ว จึงเป็นการปฏิบัติงานทั้งหมดเสร็จสิ้น ดังนั้น งาน E จึงเริ่มจากจุดที่สาม ซึ่งเป็นจุดที่ปฏิบัติงานเสร็จทั้ง B และ D และจะไปเสร็จที่จุดที่สี่พร้อมกับงาน C จุดที่สี่นี้ก็เป็นจุดที่ปฏิบัติงานทั้งหมดเสร็จสิ้น สายโยงงานของทางสายวิกฤติ จึงอาจเขียนได้ตามรูปในแผนภาพที่ 7



แผนภาพที่ 7 แบบจำลองทางสายวิกฤติ (longest - path model)

จากแผนภาพที่ 7 จะเห็นได้ว่า โครงสร้าง (structure) ของแผนภาพนี้ก็มีลักษณะทำนองเดียวกันกับแผนภาพที่ 6 นั่นเอง ต่างกันแต่ที่ว่า แผนภาพนี้ไม่มีเส้นที่เชื่อมระหว่างจุดที่หนึ่งกับ จุดที่สี่โดยตรง ทั้งนี้เพราะมีข้อจำกัด กำหนดลำดับที่ของการปฏิบัติงานย่อย 5 ชั้นดังกล่าวมาแล้ว จากข้อจำกัดนี้ก็อาจเขียนแบบจำลองคณิตศาสตร์ของทางสายวิกฤติได้ดังต่อไปนี้

หาค่าใช้จ่ายต่ำสุด ของ  $1 y_4$

โดยมีข้อจำกัด  $1 y_j \geq c_{ij} + y_i \quad (i=1,2,3 ; j=2,3,4)$

สมการไม่เท่าในแบบจำลองข้างบนนี้ ก็คือ

$$1 y_4 \geq c_{34} + y_3$$

$$1 y_4 \geq c_{24} + y_2$$

$$1 y_3 \geq c_{23} + y_2$$

$$1 y_3 \geq c_{13} + y_1$$

$$1 y_2 \geq c_{12} + y_1$$

ความหมายของสมการไม่เท่าที่ขยายความออกมาเป็น 5 สมการนี้ ก็มีความหมายในลักษณะกลับกันกับสมการไม่เท่าที่เป็นข้อจำกัดของแบบจำลองทางสายที่สั้นที่สุดที่อธิบายมาแล้ว กล่าวคือ สมการไม่เท่าที่ หนึ่ง และที่สองมีความหมายว่า จุดที่สี่ซึ่งเป็นจุดที่แสดงว่างานทั้งหมดได้ปฏิบัติเสร็จสิ้นไปแล้ว จะมีได้ต่อเมื่อ งาน C และ E เสร็จสิ้นเสียก่อนแล้วทั้งสองชิ้น สำหรับงาน C นั้นจะเสร็จสิ้นได้ก็ต่อเมื่อใช้ทรัพยากรที่จุดที่สองซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นรวมกับทรัพยากรที่ต้องใช้ในระหว่างปฏิบัติงานชิ้นนี้ ทรัพยากรที่จะใช้ที่จุดที่สอง ระบุไว้ในสมการไม่เท่าที่ห้า ซึ่งกำหนดว่า มีปริมาณไม่เกินทรัพยากรที่ใช้ในการปฏิบัติงาน A จนเสร็จสิ้น ส่วนงาน E จะเริ่มได้ก็ต่อเมื่อปฏิบัติงาน B และ D เสร็จสิ้นลงไปเสียก่อนดังปรากฏในสมการไม่เท่าที่สาม และสี่ ในขณะที่เดียวกันงาน B จะปฏิบัติเสร็จสิ้นได้ก็ต่อเมื่อใช้ทรัพยากร  $c_{13}$  แต่งาน D ต้องใช้ทรัพยากรทั้งที่จุดที่สองซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นผสมกับทรัพยากร  $c_{23}$

ทรัพยากรที่ต้องใช้ในการปฏิบัติงานย่อยแต่ละชิ้นทั้งหมดนี้ มีลักษณะต่างๆได้หลายประการ เช่น เวลา และค่าใช้จ่าย ประเภทต่างๆ เป็นต้น ถ้าสมมติว่าทรัพยากรที่ใช้ในแบบจำลองข้างบนนี้ คือ เวลา ก็หมายความว่า งานจะสำเร็จทั้งหมดที่จุดที่สี่ต่อเมื่องาน C และ E ต่างใช้เวลาที่เริ่มต้นปฏิบัติที่จุดที่สองและสามตามลำดับรวมกับเวลา  $c_{24}$  และ  $c_{34}$  ตามลำดับเรียบร้อยแล้ว ในทำนองเดียวกัน งาน C จะเริ่มปฏิบัติได้ก็ต่อเมื่องาน A ได้ใช้เวลา  $c_{12}$  ในการปฏิบัติเรียบร้อยแล้วลงไปก่อนแล้ว ส่วนงาน E นั้นก็เริ่มได้ เมื่องาน B และ D สำเร็จเรียบร้อยแล้วทั้งสิ้น สำหรับงาน B นั้นใช้เวลา  $c_{13}$  แต่งาน D ใช้เวลาทั้งหมดที่งาน A ปฏิบัติจนเสร็จ รวมกับเวลา  $c_{23}$  ความหมายของข้อจำกัดทั้งหมดอาจพิจารณาเห็นจริงได้จากตารางที่ 6

ตารางที่ 6

## ตารางวิเคราะห์แบบจำลองทางสายวิกฤติ

$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	ข้อจำกัด
-1	1			$\geq c_{12}$
-1		1		$\geq c_{13}$
	-1	1		$\geq c_{23}$
	-1		1	$\geq c_{24}$
		-1	1	$\geq c_{34}$
-1	0	0	1	หาค่าใช้จ่ายต่ำสุด

เพื่อที่จะให้เห็นภาพการเคลื่อนย้ายทรัพยากรจากจุดอุปทานไปยังจุดอุปสงค์ ก็อาจกลับตารางที่ 6 นี้ให้เป็นตารางสัมพันธ์จุดและเส้นของสายโยงานที่ยาวที่สุด ดังได้ปฏิบัติมาแล้วในตารางที่ 5 ตารางสัมพันธ์จุดและเส้นของแบบจำลองทางสายวิกฤติปรากฏในตารางที่ 7

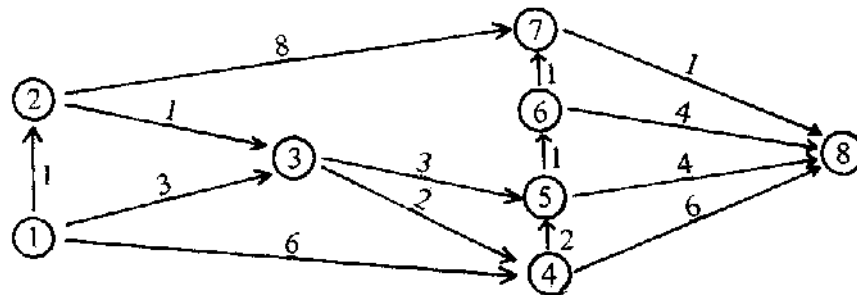
ตารางที่ 7

## ตารางสัมพันธ์จุด และเส้นของสายโยงานที่ยาวที่สุด

$x_{12}$	$x_{13}$	$x_{23}$	$x_{24}$	$x_{34}$	ข้อจำกัด
1	1				$= 1$
-1		1	1		$= 0$
	-1	-1		1	$= 0$
			-1	-1	$= -1$
$c_{12}$	$c_{13}$	$c_{23}$	$c_{24}$	$c_{34}$	หาผลประโยชน์สูงสุด

การคำนวณคำตอบของแบบจำลอง เพื่อให้เข้าใจแบบจำลองคณิตศาสตร์ ของทางสาย วิกฤติได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น ในที่นี้จะได้นำตัวอย่างง่าย ๆ มาลองคำนวณคำตอบ ในการคำนวณคำตอบ ของแบบจำลองนี้ จะพิจารณาเริ่มจากแบบจำลองของทางสายที่สั้นที่สุดเสียก่อน เพื่อจะได้มีแนว ในการศึกษาเปรียบเทียบโดยสะดวกขึ้น

สมมติว่าสายโยงานหนึ่งประกอบด้วย จุด แยกจุด และมีปริมาณทรัพยากรที่ต้องใช้ในการ ปฏิบัติงานย่อยแต่ละขั้นดังปรากฏใน แผนภาพที่ 8. ข้างล่างนี้ .



แผนภาพที่ 8 ตัวอย่างสายโยงานที่ระบุค่าใช้จ่าย

แบบจำลองคณิตศาสตร์ของทางสายที่สั้นที่สุด อาจเขียนได้ดังนี้

หาผลประโยชน์สูงสุด ของ  $y_1$

โดยมีข้อจำกัด  $y_i \leq c_{ij} + y_j$  ( $i=1,2,3,4,5,6,7$ ;  $j = 2,3,4,5,6,7,8$ )

ในการคำนวณ ต้องเริ่มด้วยการสมมติว่า  $y_8 = 0$

จะนั้นอาจหาค่าของ  $y$  ตัวอื่นได้ดังต่อไปนี้

$$y_7 = \text{ค่าต่ำสุด } (c_{78} + y_8) = (1+0) = 1$$

$$y_6 = \text{ค่าต่ำสุด } (c_{67} + y_7); (c_{68} + y_8) = (1+1); (4+0) = 2$$

$$y_5 = \text{ค่าต่ำสุด } (c_{56} + y_6); (c_{58} + y_8)$$

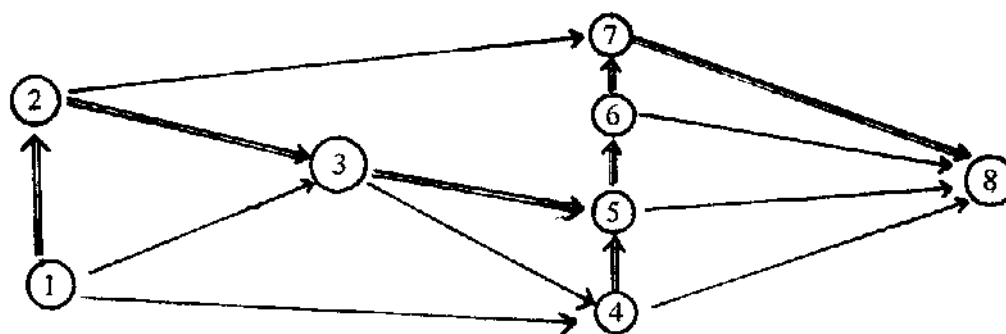
$$\begin{aligned}
 &= (1+2); (1+0) && = 3 \\
 y_4 &= \text{ค่าต่ำสุด } (c_{45} + y_5); (c_{48} + y_8) \\
 &= (2+3); (6+0) && = 5 \\
 y_3 &= \text{ค่าต่ำสุด } (c_{35} + y_5); (c_{34} + y_4) \\
 &= (8 + 3); (2 + 5) && = 6 \\
 y_2 &= \text{ค่าต่ำสุด } (c_{27} + y_7); (c_{23} + y_3) \\
 &= (8+1); (1+6) && = 7 \\
 y_1 &= \text{ค่าต่ำสุด } (c_{12} + y_2); (c_{13} + y_3); (c_{14} + y_4) \\
 &= (1+ 7); (8+6); (6+5) && = 8
 \end{aligned}$$

ตั้งได้เคยอธิบายมาแล้วความหมายของสมการไม่เท่าในแบบจำลอง หมายความว่า  $1 y_1$  จะต้องเท่ากับปริมาณต่ำสุดของ  $c_{12} + y_2, c_{13} + y_3, \dots, c_{18} + y_8$  และในทำนองเดียวกัน  $1 y_2$  ก็เท่ากับปริมาณต่ำสุดของ  $c_{23} + y_3, c_{24} + y_4, \dots, c_{28}$  เป็นเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ ในเส้นทางทุกเส้น ฉะนั้นในการคำนวณค่าตอบ เมื่อได้สมมติค่า  $y_8 = 0$  ซึ่งเป็นค่าต่ำสุดแล้ว ก็คำนวณค่า  $y$  ตัวอื่นๆ ถอยหลังกลับไป โดยถือเอาผลลัพธ์ที่เป็นค่าต่ำสุดของ  $y$  เหล่านั้นเป็นคำตอบตัวอย่างเช่น  $y_6$  มีค่าได้สองค่าคือ  $(c_{67} + y_7)$  และ  $(c_{68} + y_8)$  ค่าแรกมีผลลัพธ์เท่ากับ  $2 (1 + 1)$  ส่วนค่าที่สองเท่ากับ  $4(4+0)$  ฉะนั้นค่า  $2$  จึงเป็นคำตอบของ  $y_6$  ในกรณีที่ไม่มีการหลายค่า คือในกรณีของ  $y_7$  นั้น ก็ถือเอาผลลัพธ์ที่ได้นั้นเป็นคำตอบเลย

จากผลการคำนวณปรากฏว่า ค่าตอบของ  $y$  แต่ละตัว มีดังนี้

$y_1 = 8$	ใช้ทรัพยากร	$c_{12}$
$y_2 = 7$	„	$c_{23}$
$y_3 = 6$	„	$c_{35}$
$y_4 = 5$	„	$c_{45}$
$y_5 = 3$	„	$c_{58}$
$y_6 = 2$	„	$c_{67}$
$y_7 = 1$	„	$c_{78}$

เมื่อทราบเช่นนี้ ก็ทราบได้ว่าทางที่สั้นที่สุดคือ ทางสายใจ ทั้งนี้เพราะเส้นทางที่ระบุการใช้ทรัพยากรที่น้อยที่สุดบ่งไว้ชัดเจนแล้ว เส้นทางสายนี้จะพิจารณาเห็นได้จากแผนภาพที่ 9



### แผนภาพที่ 9 สายโยงานที่คำนวณทางสายที่สั้นที่สุดแล้ว

เส้นคู่ในแผนภาพที่ 9 คือ เส้นที่แสดงทางสายที่สั้นที่สุดของแผนภาพที่ 8 หากปฏิบัติงานตามทางสายนี้แล้วจะใช้ทรัพยากรน้อยที่สุด ทั้งนี้อาจทดสอบได้โดยคำนวณปริมาณการใช้ทรัพยากรของการปฏิบัติงานตามทางสายอื่นๆ มาเทียบกับกัน จะปรากฏว่าไม่มีทางสายใดที่จะใช้ทรัพยากรน้อยกว่า 8 หน่วย

ในการวิเคราะห์ทางสายวิกฤติของแผนภาพที่ 8 ก็อาจเขียนแบบจำลองคณิตศาสตร์ของทางสายที่ยาวที่สุดได้ดังนี้

หาผลประโยชน์สูงสุดของ  $1 \rightarrow 8$

โดยมีข้อจำกัด  $1 \rightarrow j \geq c_{ij} + y_i$  ( $i=1,2,3,4,5,6,7$ ;  $j=2,3,4,5,6,7,8$ )

สำหรับการคำนวณนั้น เริ่มในทางกลับกันกับการวิเคราะห์ทางสายที่สั้นที่สุด คือ

กำหนดให้  $y_1 = 0$  และคำนวณค่า  $y$  ตัวอื่นได้โดยใช้สูตร

$$y_j = \text{ค่าสูงสุดของ } c_{ij} + y_i \quad (j=2,3,4,6,7,8)$$

ฉะนั้น

$$\begin{aligned} y_2 &= \text{ค่าสูงสุด } (c_{12} + y_1) \\ &= (1 + 0) = 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_3 &= \text{ค่าสูงสุด } (c_{23} + y_2); (c_{13} + y_1) \\ &= (1+1); (3+0) = 3 \end{aligned}$$

$$y_4 = \text{ค่าสูงสุด } (c_{34} + y_3); (c_{14} + y_1)$$



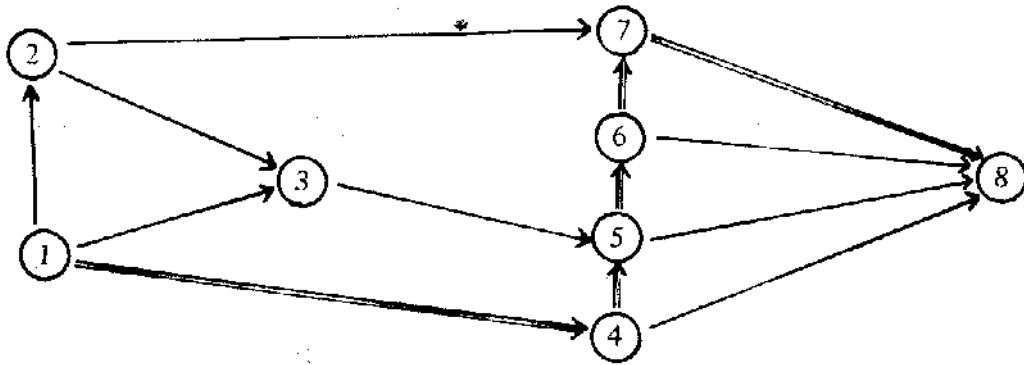
$$\begin{aligned}
 &= (2 + 2) ; (6 + 0) = 6 \\
 y_5 &= \text{ค่าสูงสุด } (c_{35} + y_3) ; (c_{45} + y_4) \\
 &= (3+3) ; (2+6) = 8 \\
 y_6 &= \text{ค่าสูงสุด } (c_{56} + y_5) \\
 &= (1+8) = 9 \\
 y_7 &= \text{ค่าสูงสุด } (c_{27} + y_2) ; (c_{67} + y_6) \\
 &= (8+1) ; (1+9) = 10 \\
 y_8 &= \text{ค่าสูงสุด } (c_{78} + y_7) ; (c_{68} + y_6) ; (c_{58} + y_5) ; (c_{48} + y_4) \\
 &= (1+10) ; (4+9) ; (4+8) ; (6+6) = 13
 \end{aligned}$$

การคำนวณค่า  $y_j$  โดยถือเอาค่าสูงสุดของ  $(c_{ij} + y_i)$  เป็นหลักก็เพราะแบบจำลองกำหนดไว้ว่า  $y_8$  ซึ่งเป็นจุดที่งานทั้งหมดจะปฏิบัติเสร็จสิ้นลง จะมีได้ก็ต่อเมื่อได้ใช้ทรัพยากร  $c_{78} + y_7, c_{68} + y_6, \dots$  ของทางเส้นที่เกี่ยวข้องจนครบถ้วนแล้ว ในทำนองเดียวกัน  $y_7, y_6, \dots$  ก็มีลักษณะเช่นเดียวกัน ดังนั้นเมื่อกำหนดให้  $y_2$  มีค่าเท่ากับศูนย์แล้วจึงคำนวณย้อนต้นได้ว่า  $y_j$  แต่ละตัวนั้นมีปริมาณสูงสุดเป็นเท่าใด ผลการคำนวณสรุปได้ว่า

$y_2 = 1$	ใช้ทรัพยากร	$c_{12}$
$y_3 = 3$	„	$c_{13}$
$y_4 = 6$	„	$c_{14}$
$y_5 = 8$	„	$c_{45}$
$y_6 = 9$	„	$c_{56}$
$y_7 = 10$	„	$c_{67}$
$y_8 = 13$	„	$c_{68}$

เมื่อทราบเช่นนี้ ก็ทราบได้ว่า ทางสายวิกฤติ คือทางสายใด ผลลัพธ์ข้างบนชี้ว่า การปฏิบัติงานย่อยที่ใช้ทรัพยากร  $c_{14}, c_{45}, c_{56}, c_{67}, c_{68}$  มีปริมาณมากที่สุด หากปฏิบัติ

งาน ชั้นต่าง ๆ ในทางสายที่ใช้ทรัพยากรนี้ล่าช้าลงไปเท่าใด ก็จะทำให้การปฏิบัติงานทั้งหมดทุกชั้นในทางสายอื่น ๆ ล่าช้าลงไปเท่านั้น เส้นทางสายที่ยาวที่สุดนี้จะพิจารณาเห็นได้จากแผนภาพที่ 10 เส้นคู่ในแผนภาพแสดงทางสายวิกฤติ



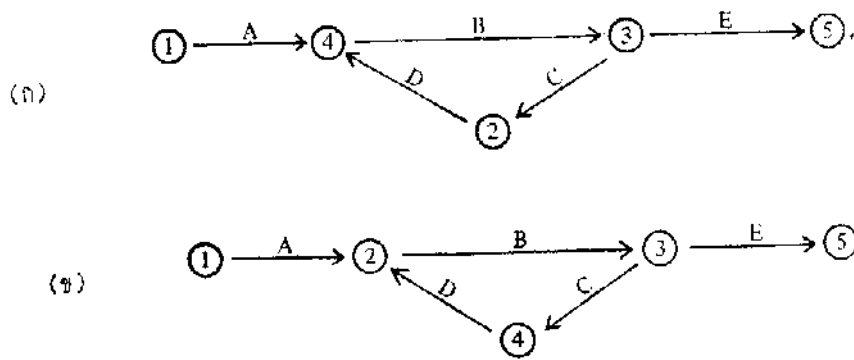
แผนภาพที่ 10 ทางสายวิกฤติของสายโยงานที่กำหนดแล้ว

### เทคนิคการใช้วิธีการวิเคราะห์ทางสายวิกฤติ

การที่จะนำวิธีการวิเคราะห์ทางสายวิกฤติมาใช้ในการวางแผนงาน จะต้องมีการคำนวณวิเคราะห์กิจกรรมต่าง ๆ ที่จะต้องปฏิบัติโดยละเอียดเสียก่อน สำหรับผู้ที่ได้พิจารณาข้อความต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วแต่ตอนต้น ๆ ย่อมจะเข้าใจข้อกำหนดนี้ รายละเอียดของกิจกรรมนี้อาจพิจารณาได้ในแง่ต่าง ๆ เช่น อาจจะเป็นในแง่ของเวลา กล่าวคือ กิจกรรมย่อยแต่ละชั้นต้องใช้เวลาเท่าใด หรืออาจจะเป็นในแง่ของค่าใช้จ่าย กล่าวคือ เป็นการพิจารณาว่า งานย่อยแต่ละชั้นต้องเสียค่าใช้จ่ายต่าง ๆ กันเป็นปริมาณเท่าใด รายละเอียดของกิจกรรมนี้จะต้องมีความคงเส้นคงวาโดยตลอดในแผนภูมิลูกศร (arrow diagram) ทั้งหมด เช่น ถ้าระบุว่า กิจกรรม A ต้องใช้เวลาที่ชั่วโมง ในการปฏิบัติ ก็ไม่ควรจะระบุว่า กิจกรรม B ต้องใช้เวลาที่เดือนในการปฏิบัติ ในขณะเดียวกัน แม้ว่าแผนภูมิลูกศรจำเป็นจะต้องมีรายละเอียดดังกล่าวนี้ก็ควรระวังไม่ให้มีรายละเอียดปลีกย่อยมากจนถึงกับทำให้เกิดความยุ่งยากในการพิจารณาข้อเท็จจริงที่สำคัญ ๆ ของสายโยงานที่สร้างขึ้น การสร้างแผนภูมิลูกศรเพื่อพิจารณาสายโยงานนี้ต้องถือหลักว่า ทางสายต่าง ๆ ที่ระบุนั้นจะต้องมีความชัดเจน ไม่รุ่มร่าม และจัดเป็นลำดับที่ถูกต้องเพื่อให้สะดวกที่สุดแก่การพิจารณา

หลักเบื้องต้นในการสร้างแผนภูมิลูกศรที่ดี ประเด็นแรกที่ต้องพิจารณาก่อนอื่นคือ ลำดับที่ของกิจกรรมแต่ละชั้น ผู้สร้างแผนภูมิลูกศร จะต้องถามตนเองว่า มีกิจกรรมชั้นใดที่จะต้องปฏิบัติก่อนกิจกรรมแต่ละชั้น มีกิจกรรมใดบ้างที่จะปฏิบัติพร้อม ๆ กันไปได้มีกิจกรรมใดบ้างที่ต้องปฏิบัติหลังกิจกรรมแต่ละชั้น ณ เหตุการณ์เริ่มต้น (starting event) และเหตุการณ์สุดท้าย (completion event) ของกิจกรรมแต่ละชั้นต้องใช้ทรัพยากรอย่างไร<sup>4</sup> เมื่อสามารถตอบคำถามเหล่านี้ก็อาจจัดเรียงลำดับของกิจกรรมแต่ละชั้นได้ถูกต้อง จากแบบจำลองคณิตศาสตร์ของทางสายวิกฤติที่กล่าวมาแล้ว จะเห็นได้ว่า เหตุการณ์เริ่มต้น คือจุดที่เริ่มปฏิบัติกิจกรรมหนึ่งๆ ซึ่งเรียกว่า จุด  $i$  และ เหตุการณ์ สุดท้ายก็คือ จุดที่เสร็จสิ้นการปฏิบัติกิจกรรมนั้นๆ ซึ่งเรียกว่า จุด  $j$  นั้นเอง ถ้าหากพิจารณาหลักการของ  $i-j$  เช่นนี้ แล้วก็อาจช่วยให้ไม่สับสนในการเรียงลำดับกิจกรรมต่าง ๆ ตามปกติก็นิยมให้เลขที่หัวลูกศรซึ่งเป็นจุด  $j$  มีค่าสูงกว่าเลขที่ปลายลูกศรซึ่งเป็นจุด  $i$  โดยเลียนตามแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้  $j > i$  อย่างไรก็ตามในบางกรณีก็ไม่ได้ถือหลักการเรียงลำดับเลขเช่นที่ว่านี้โดยเคร่งครัดเสมอไป เพราะในสายโยงงานที่มีความสลับซับซ้อนมาก ย่อมจะต้องมีการแก้ไขเพิ่มเติมรายละเอียดมากขึ้น ทำให้การกำหนดเลขที่ของกิจกรรมไม่สามารถเรียงลำดับตัวเลขจากต่ำไปหาสูงได้โดยตลอด แต่อย่างไรก็ตาม การเรียงลำดับตัวเลขโดยผิดพลาด  $j > i$  ย่อมมีประโยชน์น้อยอย่างมากที่จะช่วยไม่ให้เกิดการพิจารณาลำดับของกิจกรรมสลับสับสนไปได้

การเรียงลำดับตัวเลขของกิจกรรมโดยขาดความระมัดระวัง ทำให้เกิดข้อบกพร่องโดยเห็นได้ชัดคือ เกิด ช่วงงานเวียน (loop) ดังแสดงในแผนภาพที่ 11

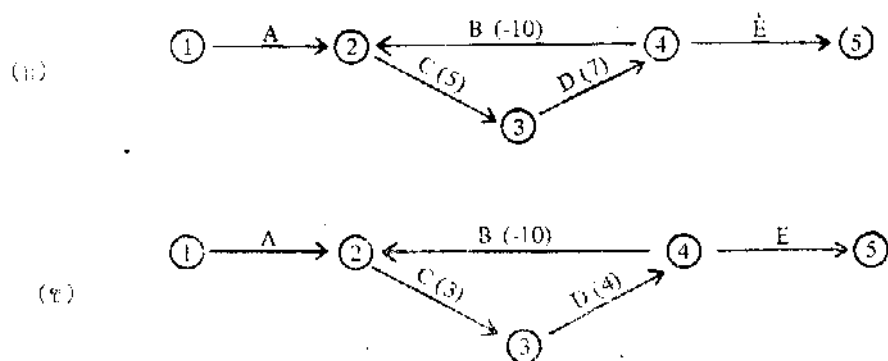


แผนภาพที่ 11 ทางที่มีช่วงงานเวียน (loop)

<sup>4</sup> Battersby, Albert, *Network Analysts for Planning and Scheduling*, pp. 11-12

แผนภาพที่ 11 แสดงให้เห็นว่าถ้าหากมีการกำหนดตัวเลขของกิจกรรมตามลำดับ  $j > i$  ก็จะมีข้อขัดแย้งไม่ให้เกิดช่วงงานเวียนได้ แผนภาพที่ 11 (ก) ชี้ว่า กิจกรรม B กำหนดลำดับที่ของเหตุการณ์ไว้โดยให้  $i$  สูงกว่า  $j$  ส่วนกิจกรรม D นั้นกำหนดลำดับที่ของเหตุการณ์ไว้ถูกต้องแล้ว แต่เมื่อสลับตัวเลข 2 และ 4 กันแล้ว ดังในแผนภาพที่ 11 (ข) เหตุการณ์ของกิจกรรม B ก็จะมีลำดับที่ถูกต้อง ส่วนกิจกรรม D กลับมีลำดับที่ของเหตุการณ์ไม่ถูกต้องแทน การมีลำดับที่ของเหตุการณ์ไม่ถูกต้อง เช่นนี้ เป็นเหตุให้เกิดช่วงงานเวียน ซึ่งผิดหลักของสายโยงงานของทางสายวิกฤติ

อย่างไรก็ดีช่วงงานเวียนนี้อาจจะเป็นเหตุผลถูกต้อง (logical loop) ก็ได้ ถ้าหากผลรวมของทรัพยากรที่ใช้ในการปฏิบัติงานช่วงนี้มีค่าติดลบ ดังแสดงในแผนภาพที่ 12



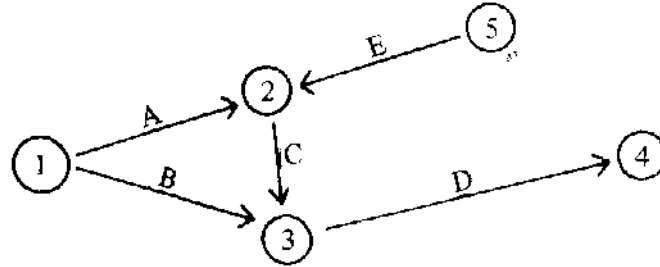
แผนภาพที่ 12 ช่วงงานเวียนสองแบบ

ในแผนภาพที่ 12 (ก) ระบุว่ากิจกรรม C และ D จะเสร็จสิ้นต่อเมื่อได้ใช้ทรัพยากร 12 หน่วยนับตั้งแต่จุดเริ่มต้นของกิจกรรม C แต่กิจกรรม B จะต้องเริ่มทันทีหลังจากที่เหตุการณ์ที่สองเกิดขึ้น และได้ใช้ทรัพยากรไปแล้ว 10 หน่วยเท่านั้น การเขียนแผนภูมิลูกศรเช่นนี้ เป็นการกำหนดว่า เหตุการณ์ที่สี่จะต้องเกิดขึ้นก่อนที่จะเป็นไปได้เพราะต้องเกิดก่อนการใช้ทรัพยากรอีกถึง 2 หน่วย ส่วนแผนภาพที่ 12 (ข) นั้นระบุสายงานที่จะปฏิบัติได้ คือ เหตุการณ์ที่สี่จะย้อนกลับมาเหตุการณ์ที่ 2 โดยใช้ทรัพยากรทั้งหมด 10 หน่วย แต่เหตุการณ์ที่สองไปถึงที่สามและที่สี่ต้องใช้ทรัพยากรเพียง 7 หน่วย

ลักษณะอีกอย่างหนึ่งที่มีก็เป็นข้อบกพร่องของแผนภูมิลูกศร คือ การมีงานพ่วง (dangler) ผู้อ่านย่อมสังเกตเห็นได้ว่า กิจกรรมทุกชั้นในสายโยงงานต้องสัมพันธ์ต่อกันตั้งแต่ต้นไปจนจบ กิจกรรมใดที่ขาดคุณลักษณะเช่นนี้ เป็นกิจกรรมที่ไม่เกี่ยวข้องกันกับสายโยงงาน จากแผน

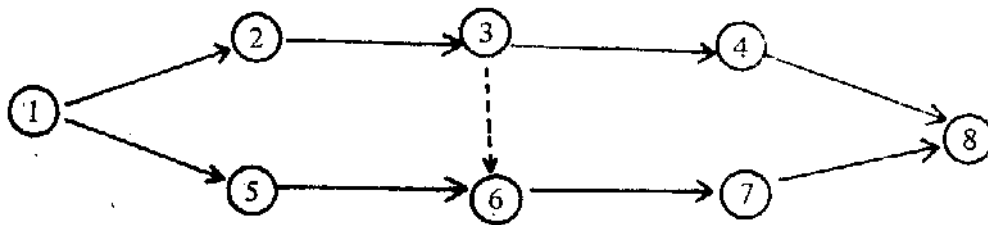
ภาพที่ 13 จะเห็นได้ว่า กิจกรรม E คืองานพ่วง  
กิจกรรมนี้ จะเชื่อมโยงให้อยู่ในสายโยงานนี้อย่างใด  
ความสัมพันธ์กับสายโยงานทั้งหมด

ฉะนั้นจะต้องมีการพิจารณาให้ดีถ้าว่าน  
มีฉะนั้นก็ต้องตัดทิ้งไปเพราะว่าไม่มี



แผนภาพที่ 13 แผนภูมิลูกศรที่ม้งานพ่วง (dangler)

ในการสร้างแผนภูมิลูกศรนี้ บางครั้งอาจมีความจำเป็นต้องเชื่อมโยงเหตุการณ์บางอย่าง  
เข้าด้วยกันถึงแม้ว่าไม่มีกิจกรรมอื่นใดที่จะต้องปฏิบัติระหว่างเหตุการณ์ที่ต้องสัมพันธ์กันนี้การ  
เชื่อมโยงเพื่อชี้ความสัมพันธ์ระหว่างเหตุการณ์แต่ละคู่ในลักษณะเช่นนี้ย่อมช่วยให้เข้าใจเหตุผล  
ของสายโยงานทั้งหมดได้ชัดเจนขึ้น ในกรณีเช่นนี้ให้ใช้เส้นลูกศรไขปลตา (dummy arrow) เชื่อม  
ระหว่างจุดแต่ละคู่ดังในแผนภาพที่ 14 ลูกศรไขปลตานั้นต่างจากลูกศรธรรมดาในประการที่ไม่มี  
การใช้ทรัพยากรเช่นกิจกรรมอื่น ๆ เลย



แผนภาพที่ 14 ทางที่มีลูกศรไขปลตา (dummy arrow)

หลักประการสุดท้ายของการสร้างแผนภูมิลูกศร คือ จะต้องระลึกเสมอว่า ในสายโย  
งานหนึ่ง ๆ กิจกรรมแรก ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้น และกิจกรรมสุดท้ายซึ่งเป็นจุดปฏิบัติงานทั้งหมด  
เสร็จสิ้นย่อมมีอยู่อย่างละหนึ่งกิจกรรมเท่านั้น

การคำนวณและควบคุมทรัพยากรที่ใช้ในทางสายวิกฤติ ผู้ที่เข้าใจแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของทางสายวิกฤติได้ชัดเจนแล้ว อาจสามารถที่จะคำนวณทรัพยากรที่ใช้ในการวางแผนงานด้วยวิธีวิเคราะห์ทางสายวิกฤติได้ทันที แต่เพื่อความกระจ่างยิ่งขึ้น ในที่นี้จะได้กล่าวถึงการคำนวณทรัพยากรที่ใช้ในทางสายวิกฤติ ในแง่การวางแผนงานประกอบไปด้วยทรัพยากรที่จะพิจารณาคำนวณนี้ก็อาจเป็นได้หลายลักษณะดังกล่าวแล้ว ในที่นี้จะได้พิจารณาทรัพยากรที่ใช้ในแง่เวลาของการปฏิบัติงาน

การจัดงานในแง่ของเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติอาจใช้หน่วยใดของเวลาก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นกับความเหมาะสมของลักษณะงานที่จะปฏิบัติ เช่น ถ้าหากเป็นเรื่องการวางผังเมือง ก็อาจใช้หน่วยของสัปดาห์ แต่ถ้าหากเป็นการปฏิบัติงานระยะสั้น ๆ ก็อาจใช้หน่วยของชั่วโมง การวัดงานในแง่ของเวลานี้ จะกระทำได้ก็ต่อเมื่อได้พิจารณาปริมาณงานที่จะต้องปฏิบัติเปรียบเทียบกับแรงงานที่จะต้องใช้ในการดำเนินการเสียก่อน แล้วจึงแปลความหมายขององค์ประกอบทั้งสองนี้ออกมาเป็นเวลาที่จะต้องใช้เวลาปฏิบัติ การที่จะคำนวณเวลาได้ใกล้เคียงเพียงใดก็ขึ้นอยู่กับความสามารถที่จะแยกกิจกรรมออกไปให้มีความละเอียดถี่ถ้วนจริงๆ ถ้าหากสายโยงงานที่วิเคราะห์ได้นั้นมีรายละเอียดชัดเจนมากเท่าใด การคำนวณเวลาของการปฏิบัติงานก็จะมีค่าใกล้เคียงความเป็นจริงมากขึ้นเท่านั้น

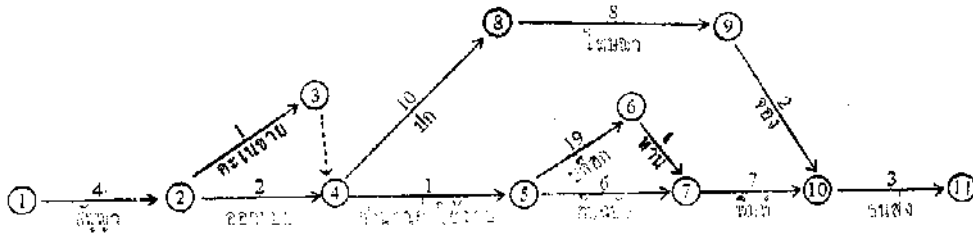
เมื่อทราบเวลาที่ต้องใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมแต่ละขั้นแล้ว ก็จะต้องคำนวณสิ่งที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนการที่จะปฏิบัติงานทั้งหมด ดังต่อไปนี้ คือ

1. เวลาเริ่มต้น (early event time or expected event time)
2. เวลาสิ้นสุด (late event time)
3. เวลาที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมแต่ละขั้น (activity time)
4. เวลาลอยตัว (float time)

เวลาเริ่มต้น (early event time) คือ เวลาที่เร็วที่สุดที่กิจกรรมแต่ละขั้นจะเริ่มปฏิบัติได้ หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่ง คือ เวลาที่ค่ากว่าเหตุการณ์ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของกิจกรรมแต่ละขั้นจะบังเกิดขึ้นได้โดยมีข้อแม้ว่ากิจกรรมที่อยู่ก่อนหน้านั้น ได้ปฏิบัติสิ้นสุดลงไปแล้ว ในระยะเวลา

ที่กำหนดไว้ การคำนวณเวลาเริ่มต้นของกิจกรรม กระทำได้โดยเริ่มพิจารณาจากเหตุการณ์ที่หนึ่งเรียงตามลำดับไป

การวิเคราะห์เวลาเริ่มต้นของกิจกรรม อาจพิจารณาเข้าใจได้จากตัวอย่างง่าย ๆ ซึ่งสมมติขึ้นตามแผนภาพที่ 15



แผนภาพที่ 15 สายโซ่งานการพิมพ์หนังสือ (แสดงเวลาเป็นสัปดาห์)

แผนภาพที่ 15 วิเคราะห์สายโซ่งานของการจัดพิมพ์หนังสือเล่มหนึ่งออกมาเป็นกิจกรรม 12 ชิ้น กิจกรรมแต่ละชิ้นต้องใช้เวลาในการปฏิบัติไม่เท่ากันดังแสดงปริมาณไว้เป็นสัปดาห์เหนือลูกศรแต่ละเส้นเมื่อทราบเวลาของการปฏิบัติกิจกรรมแต่ละชิ้นและสามารถสร้างแผนภูมิลูกศรได้เช่นนี้แล้ว ก็เริ่มวิเคราะห์การใช้ทรัพยากร (เวลา) ในทางสายวิกฤติ โดยพิจารณาหาเวลาเริ่มต้นของกิจกรรมแต่ละชิ้นเสียก่อน คงได้กล่าวมาแล้วว่า เวลาเริ่มต้นของกิจกรรมแต่ละชิ้น คือเวลาที่เหตุการณ์ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของกิจกรรมแต่ละชิ้นจะบังเกิดขึ้นได้โดยมีข้อแม้ว่ากิจกรรมที่อยู่ก่อนหน้านั้นได้ปฏิบัติสิ้นสุดลงไปแล้ว ฉะนั้นการพิจารณา เวลาเริ่มต้นของกิจกรรมจึงพิจารณาเหตุการณ์แต่ละอย่างเรียงเป็นลำดับไป สำหรับเหตุการณ์ที่หนึ่งย่อมเกิดขึ้นในสัปดาห์ที่ศูนย์ เพราะยังไม่ได้ใช้เวลาปฏิบัติกิจกรรมอันใดมาก่อนหน้านั้นเลย เหตุการณ์ที่สองเริ่มเมื่อสิ้นสุดสัปดาห์ที่สี่ (4+0=4) เพราะกิจกรรม การทำสัญญาจัดพิมพ์หนังสือ (1,2) ใช้เวลา 4 สัปดาห์ ส่วนเหตุการณ์ที่สามก็เริ่มเมื่อ สิ้นสุดสัปดาห์ที่ห้า (1+4+0=5) การคำนวณเวลาของเหตุการณ์ต่างๆ ย่อมกระทำตามแนวนี้ไปได้เรื่อยๆ ไม่ว่าจะทางสายต่างๆ ในสายโซ่งานจะแยกออกไปก็สายอย่างไรก็ตาม แต่จะมีปัญหาที่จะต้องพิจารณาเมื่อทางสายต่างๆ มาบรรจบกัน เพราะที่จุดบรรจบของทางสายต่างๆ นั้นจะมีตัวเลขที่เป็นผลลัพธ์ของผลบวกหลายตัวที่มีปริมาณไม่เท่ากัน ในแผนภาพที่ 15 นั้นมีจุดบรรจบของทางสายต่างๆ อยู่ตามจุดคือ 4,7,10 ในกรณีเช่นนี้ จะต้องเลือกตัวเลขที่มีปริมาณสูงสุดเป็นคำตอบ เพราะว่า งานของทางทุก ๆ สายก่อนที่จะมาบรรจบกันได้นั้นจะต้องปฏิบัติเสร็จสิ้นเรียบร้อยแล้วเสียก่อนจึงจะเริ่มปฏิบัติ

งานชั้นอื่น ๆ ต่อไปได้ ด้วยเหตุนี้เหตุการณ์ที่สี่จะบังเกิดขึ้นได้ก่อนเมื่อสิ้นสุดสัปดาห์ที่หกแล้ว ในทำนองเดียวกัน เหตุการณ์ที่เจ็ดและสิบ จะบังเกิดเมื่อสิ้นสุดสัปดาห์ที่ 27 และที่ 34 ไม่ใช่สิ้นสุดสัปดาห์ที่ 13 และ 26 ตามลำดับ เวลาเริ่มต้นของกิจกรรมต่าง ๆ ในสายโยงานของ แผนภาพที่ 15 แสดงในตารางที่ 8

### ตารางที่ 8

#### เวลาเริ่มต้นและเวลาสิ้นสุดของกิจกรรมในสายโยงาน (สัปดาห์)

เหตุการณ์ที่	เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด
1	0	0
2	4	4
3	5	6
4	6	6
5	7	7
6	26	26
7	27	27
8	16	16
9	24	24
10	34	34
11	37	37

ส่วนเวลาสิ้นสุดของกิจกรรม (late event time) ก็คือเวลาที่ช้าที่สุดที่เหตุการณ์ต่างๆ จะบังเกิดขึ้นโดยไม่ขัดขวางให้เหตุการณ์สุดท้ายของสายโยงานบังเกิดขึ้นช้ากว่าเวลาที่จะเกิดขึ้นได้เร็วที่สุด การคำนวณเวลาสิ้นสุดของกิจกรรมจึงอาจคำนวณได้โดยสะดวกโดยวิเคราะห์จากเหตุการณ์สุดท้ายของสายโยงานถอยหลังกลับมา เวลาที่เหตุการณ์สุดท้ายของสายโยงานในแผนภาพที่ 15 จะเกิดขึ้นได้เร็วที่สุด คือสิ้นสุดสัปดาห์ที่ 37 จึงได้คำนวณไว้แล้วในตอนวิเคราะห์เวลาเริ่มต้น (early event time) เวลาสิ้นสุดของกิจกรรมการส่งของและกิจกรรมการพิมพ์ คือเวลาที่ช้าที่สุดที่เหตุการณ์ที่ 10 จะบังเกิดขึ้นได้โดยไม่ทำให้การปฏิบัติงานทั้งหมดต้องช้าลงไป เวลาที่ช้าที่สุดที่เหตุการณ์ที่ 10 จะบังเกิดขึ้นได้ คือ สัปดาห์ที่ 34



(37-3=34) เวลาที่ช้าที่สุดของเหตุการณ์อื่น ๆ ก็อาจคำนวณได้ในทำนองเดียวกันทั้งแสดงผลลัพธ์ไว้แล้วในตารางที่ 8 แต่การคำนวณผลลัพธ์นี้ จะมีปัญหาเมื่อเป็นการคำนวณเหตุการณ์ที่เป็นจุดทางแยกของทางสายต่างๆ ในสายโยงนของแผนภาพที่ 15 นี้ มีจุดทางแยก 3 จุดคือ จุดที่ 2,4,5 ในกรณีเช่นนี้จะต้องเลือกตัวเลขที่มีปริมาณต่ำสุดเป็นคำตอบ เพราะว่าเวลาที่ช้าที่สุดที่เหตุการณ์แต่ละอย่าง จะเกิดขึ้นได้โดยไม่ทำให้การปฏิบัติงานทั้งหมดต้องช้าลงไปกว่าที่กำหนดย่อมจะต้องเป็นเวลาที่เร็วที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ด้วยเหตุนี้เหตุการณ์ที่ห้าจะบังเกิดได้ช้าที่สุดในสัปดาห์ที่เจ็ด ( $26-19=7$ ) ไม่ใช่ในสัปดาห์ที่ 21 ( $27-6=21$ ) ส่วนเหตุการณ์ที่สองและที่สี่ก็จะบังเกิดช้าที่สุดได้ในสัปดาห์ที่สี่ และที่หกตามลำดับ

เวลาเริ่มต้นและเวลาสิ้นสุดของกิจกรรมเป็นพื้นฐานของการคำนวณทรัพยากรที่ใช้ในทางสายวิกฤติ เวลาเริ่มต้นของกิจกรรมเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า เวลาที่เร็วที่สุดที่จะเริ่มปฏิบัติได้ (earliest start time) มีตัวย่อว่า E.S. ที่เรียกเช่นนี้ เพราะว่ากิจกรรมหนึ่ง ๆ ย่อมปฏิบัติก่อนที่เหตุการณ์เริ่มต้นของมันเองจะเกิดขึ้นไม่ได้ ส่วนเวลาสิ้นสุดของกิจกรรมก็มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า เวลาที่ช้าที่สุดที่จะปฏิบัติเสร็จได้ (latest finish time) มีตัวย่อว่า L.F.

เวลาที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมแต่ละขั้น (activity time) ประกอบด้วยเวลา 4 ประเภทคือ เวลาที่เร็วที่สุดที่จะปฏิบัติได้ (earliest start time) เวลาที่ช้าที่สุดที่จะปฏิบัติเสร็จได้ (latest finish time) เวลาที่เร็วที่สุดที่จะปฏิบัติเสร็จได้ (earliest finish time ย่อว่า E.F.) และเวลาที่ช้าที่สุดที่จะเริ่มต้นได้ (latest start time ย่อว่า L.S.) เวลาสองประเภทนั้น ได้อธิบายไปแล้ว ส่วนเวลาประเภทที่สาม คือ เวลาที่เร็วที่สุดที่จะปฏิบัติเสร็จได้ (E.F.) อาจคำนวณได้โดยง่ายด้วยการเอาเวลาที่ต้องใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมแต่ละขั้น (duration ย่อว่า D) มารวมกับเวลาที่เร็วที่สุดที่จะปฏิบัติได้ (E.S.) สำหรับเวลาที่ช้าที่สุดที่จะเริ่มต้นได้ (L.S.) ก็เท่ากับ เวลาที่ช้าที่สุดที่จะปฏิบัติเสร็จได้ (L.F.) หักออกด้วย เวลาที่ต้องใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมแต่ละขั้น (duration) ในตารางที่ 9 แสดงเวลาที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมแต่ละขั้นของสายโยงงานการพิมพ์หนังสือในแผนภาพที่ 15

**ตารางที่ 9**  
**เวลาที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมการพิมพ์หนังสือ (สัปดาห์)**

กิจกรรมที่	คำอธิบาย	D	E.S.	E.F.	L.S.	L.F.
1-2	ทำสัญญา	4	0	4	0	4
2-3	คาดคะเนปริมาณขาย	1	4	5	5	6
2-4	ออกแบบหนังสือ	2	4	6	4	6
4-5	คำนวณค่าใช้จ่ายขั้นสุดท้าย	1	6	7	6	7
4-8	ออกแบบปกและพิมพ์ปก	10	6	16	14	24
5-6	ทำบล็อกและสิ่งเกี่ยวข้อง	19	7	26	7	26
5-7	เตรียมต้นฉบับและสิ่งเกี่ยวข้อง	6	7	13	21	27
6-7	ตรวจทานบล็อก	1	26	27	26	27
7-10	เรียงพิมพ์และเย็บเล่ม	7	27	34	27	34
8-9	โฆษณา	8	16	24	24	32
9-10	รับสั่งจอง	2	24	26	32	34
10-11	ขนส่งไปยังร้านจำหน่าย	3	34	37	34	37

เมื่อวิเคราะห์มาได้ถึงขั้นนี้แล้วก็จะเหลือสิ่งที่จะต้องคำนวณอีกอย่างก็คือ เวลาลอยตัว (float time) ก็จะทราบปริมาณทรัพยากรที่จะต้องใช้ในการควบคุมการปฏิบัติตามทางสายวิฤติ ดังได้ทราบมาแล้วว่า เหตุการณ์แต่ละอย่างจะเกิดขึ้นก่อนหรือหลังเวลาที่กำหนดไว้แล้วไม่ได้ แต่การที่เป็นเช่นนั้น ไม่ได้บังคับว่าจะเกิดขึ้นในช่วงเวลาที่จะเกิดได้เร็วที่สุด และเวลาที่จะเสร็จช้าที่สุดไม่ได้ ช่วงเวลาที่จะเกิดได้เร็วที่สุดและจะเสร็จได้ช้าที่สุดนี้ คือ ระยะเวลาที่อาจถ่วงให้เหตุการณ์นั้น ๆ เกิดขึ้นได้ช้าลงไปโดยไม่ทำให้การปฏิบัติงานทั้งหมดล่าช้าลงไปเวลาที่ยืดหยุ่นได้นี้เรียกว่าเวลาลอยตัว (float time) เวลาลอยตัวมีหลายแบบ เช่น เวลาลอยตัวทั้งหมด (total float) เวลาลอยตัวเสรี (free float) เวลาลอยตัวอิสระ (independent float)<sup>5</sup> เป็นต้น แต่เวลาลอยตัวประเภทต่าง ๆ นี้ ในปัจจุบันนิยมใช้แต่เพียงประเภทเดียวเป็นหลัก

<sup>5</sup>Barnetson, Paul, Path Critical Path Planning pp 30-32

คือ เวลาลอยตัวทั้งหมด ฉะนั้นเมื่อกล่าวถึงเวลาลอยตัวในปัจจุบันจึงหมายถึง เวลาลอยตัวทั้งหมดนั่นเอง เวลาลอยตัวนี้ อาจคำนวณได้หลายทาง คือ วิธีแรก นำเวลาที่เร็วที่สุดที่จะเริ่มปฏิบัติได้ (E.S.) ไปรวมกับเวลาที่ต้องใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมนั้น (D) แล้วไปลบออกจากเวลาที่ช้าที่สุดที่จะปฏิบัติเสร็จได้ (L.F.) หรือวิธีที่สอง นำเวลาที่เร็วที่สุดที่จะปฏิบัติได้ (E.S.) ไปลบออกจาก เวลาที่ช้าที่สุดที่จะเริ่มต้นได้ (L.S.) หรือวิธีที่สาม นำเวลาที่เร็วที่สุดที่จะปฏิบัติเสร็จได้ (E.F.) ไปลบออกจากเวลาที่ช้าที่สุดที่จะปฏิบัติเสร็จได้ (L.F.) ไม่ว่าจะคำนวณโดยวิธีใดก็จะได้ผลลัพธ์ออกมาเท่ากันเสมอ ดังแสดงวิธีการคำนวณทั้งสามทางไว้ในตารางที่ 10

ตารางที่ 10

## เวลาลอยตัวคำนวณโดยวิธีต่างๆ (สัปดาห์)

กิจกรรมที่	L.F.—E.S.—D	L.S.—E.S.	L.F.—E.F.	ผลลัพธ์
1—2	4—0—4	0—0	4—4	0
2—3	6—4—1	5—4	6—5	1
2—4	6—4—2	4—4	6—6	0
4—5	7—6—1	6—6	7—7	0
4—8	24—6—10	14—6	24—16	8
5—6	26—7—19	7—7	26—26	0
5—7	27—7—6	21—7	27—13	14
6—7	27—26—1	26—26	27—27	0
7—10	34—27—7	27—27	34—34	0
8—9	32—16—8	24—16	32—24	8
9—10	34—24—2	32—24	34—26	8
10—11	37—34—3	34—34	37—37	0

จากตารางที่ 10 จะเห็นว่าเวลาลอยตัวของกิจกรรมต่าง ๆ มีปริมาณไม่เท่ากัน แต่ก็อาจแยกประเภทของกิจกรรมในแง่ของเวลาลอยตัวออกได้เป็นสองประเภท คือ ประเภทที่เวลาลอยตัวเท่ากับศูนย์ ซึ่งได้แก่กิจกรรม 1-2, 2-4, 4-5, 5-6, 6-7, 7-10 และ 10-11 และประเภทที่มีเวลาลอยตัวเป็นปริมาณตั้งแต่หนึ่งขึ้นไป ซึ่งได้แก่กิจกรรมที่เหลือกิจกรรมที่มีเวลาลอยตัวเป็นปริมาณตั้งแต่หนึ่งขึ้นไป หมายความว่า อาจยืดหยุ่นเวลาการปฏิบัติงานออกไปได้ ส่วนกิจกรรมประเภทที่มีเวลาลอยตัวเท่ากับศูนย์ คือกิจกรรมที่อยู่ในทางสายวิกฤติ กิจกรรมเหล่านี้เป็นกิจกรรมวิกฤติ (critical activity) การปฏิบัติกิจกรรมในทางสายวิกฤติ จะต้องใช้ทรัพยากรในปริมาณที่กำหนดให้โดยเคร่งครัด เพื่อมิให้บังเกิดผลเสียหายต่อการปฏิบัติงานเป็นส่วนรวมทั้งหมด ถ้าหากการปฏิบัติกิจกรรมในทางสายวิกฤติช้าลงไปก็ย่อมทำให้การปฏิบัติงานทั้งหมดล่าช้าลงไปตามส่วนด้วย

### การประยุกต์เทคนิคการวิเคราะห์ทางสายวิกฤติในองค์การ

จะเห็นได้จากข้อความที่กล่าวมาแล้วทั้งหมดว่า เทคนิคการวิเคราะห์ทางสายวิกฤติของสายโยงานสามารถช่วยผู้บริหารในการประสานงานต่าง ๆ ตัวอย่างที่สมมติขึ้นนั้น ประกอบด้วยงานเพียง 12 ชิ้น ถ้าหากเป็นการปฏิบัติงานจริง ๆ งานที่ผู้บริหารต้องรับผิดชอบประสานงาน อาจมีเป็นร้อยเป็นพันชิ้น ไม่เป็นที่น่าสงสัยเลยว่า การวิเคราะห์งานโดยเทคนิคนี้จะช่วยให้ผู้บริหารมีระบบการควบคุมประสานงานที่ดีอยู่ในมือ ผู้บริหารย่อมสามารถปฏิบัติการแก้ไขได้ทันท่วงทีเสมอเมื่อมีการปฏิบัติงานอย่างหนึ่งอย่างใดล่าช้าขึ้น การที่ผู้บริหารสามารถกระทำได้เช่นนี้ ก็เพราะว่า ผู้บริหารทราบได้ว่าทรัพยากรที่ใช้ในการปฏิบัติงานต่าง ๆ นั้น มีปริมาณเพียงพอหรือไม่อย่างไร งบประมาณทั้งหมดของการปฏิบัติงานเป็นอย่างไร และแผนการใช้ทรัพยากรควรได้รับการเปลี่ยนแปลงแก้ไขหรือไม่อย่างไร และเมื่อใด ในขณะเดียวกันผู้บริหารก็สามารถแบ่งความสนใจให้แก่การปฏิบัติงานชั้นที่มีความสำคัญเหนือชั้นอื่น ๆ และแยกแยะได้ว่า ปัญหาของการปฏิบัติงานนั้น เกิด ณ ที่ใด ตอนใด และในการปฏิบัติงานส่วนใด เมื่อพิจารณาเทคนิคการวิเคราะห์ทางสายวิกฤติเทียบกับเทคนิคการวางแผนภูมิกำหนดงานของแกนต์แล้วจะเห็นได้ว่า เทคนิคทั้งสองนี้ก็มีเจตนารมณ์อันเดียวกัน คือการกำหนดใช้ทรัพยากรในการปฏิบัติงานตามขั้นตอนอย่างมีประสิทธิภาพที่สุด แต่เทคนิคการวิเคราะห์ทางสายวิกฤติมีความคิดก้าวหน้ากว่าเทคนิคของแกนต์ในการที่สามารถวิเคราะห์ ความสัมพันธ์ของงานย่อยชิ้นต่าง ๆ ที่จะต้องปฏิบัติได้อย่างทั่วถึงกัน

**ลักษณะของทรัพยากร** โดยทั่ว ๆ ไป ผู้บริหารย่อมมีทรัพยากรจำกัดเมื่อเทียบกับงานที่ต้องปฏิบัติต่าง ๆ ในองค์การ ทรัพยากรนี้แยกได้เป็นหลายอย่าง เช่น กำลังคน (manpower) วัสดุอุปกรณ์ (material) และกำลังเงิน (money) ในการใช้เทคนิคการวิเคราะห์ทางสายวิฤติเพื่อให้สามารถใช้ทรัพยากร ในการปฏิบัติงานทุกอย่างให้มีประสิทธิภาพและเป็นผลดีเป็นส่วนรวมแก่องค์การนั้น ไม่ได้พิจารณาทรัพยากรในลักษณะดังกล่าว แต่จะต้องวัดปริมาณทรัพยากรออกมาเป็นหน่วยในลักษณะสามประการ คือ เวลา ค่าใช้จ่าย และปริมาณทรัพยากรอื่น ๆ <sup>6</sup>

การพิจารณาทรัพยากรในแง่เวลา มุ่งที่จะวิเคราะห์ว่าโครงการปฏิบัติงานทั้งหมดจะต้องใช้เวลาเท่าใดในการปฏิบัติงานให้เสร็จเร็วที่สุด ในการนี้จะต้องวิเคราะห์ประเด็นดังต่อไปนี้

1. แยกกิจกรรมที่อยู่ในทางสายวิฤติออกจากทางสายอื่น ๆ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 10 กิจกรรมวิฤติเหล่านี้จะต้องปฏิบัติให้เสร็จสิ้นตามที่กำหนดไว้ มิฉะนั้นการปฏิบัติงานทั้งหมดของโครงการจะต้องล่าช้าลงไป การแยกกิจกรรมวิฤติออกมาเช่นนี้เป็นการช่วยให้ผู้บริหารสามารถเพิ่มความสนใจมากที่สุดแก่กิจกรรมที่ควรจะต้องได้รับความเอาใจใส่ใกล้ชิดที่สุด

2. ให้ความยืดหยุ่นแก่การปฏิบัติงานที่ไม่อยู่ในทางสายวิฤติ เพราะการปฏิบัติกิจกรรมเหล่านี้อาจล่าช้าลงไปได้ แล้วแต่ปริมาณของเวลาลยตัวที่วิเคราะห์ได้ผู้บริหารอาจพิจารณาเลื่อนเวลาที่จะปฏิบัติกิจกรรมประเภทนี้ออกไปเพื่อให้ช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายลงไปก็ได้

ส่วนการพิจารณาทรัพยากรในแง่ค่าใช้จ่ายนั้น เป็นการคำนวณว่า การปฏิบัติงานตามโครงการหนึ่ง ๆ นั้นจะเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดเพียงเท่าใด ค่าใช้จ่ายนี้พิจารณาทั้งในแง่ค่าแรงงานและวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ และทั้งในแง่ความสูญเสียที่จะบังเกิดขึ้นถ้าหากการปฏิบัติงานย่อยชั้นหนึ่ง ๆ ต้องล่าช้าลงไป การคำนวณนี้กระทำเป็นชั้น ๆ ดังนี้

1. วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของกิจกรรมวิฤติว่าจะมีปริมาณเท่าใด หากได้ปฏิบัติให้เสร็จสิ้นตามเวลาที่คำนวณไว้ในกำหนดการ พร้อมกับคำนวณด้วยว่าหากจะต้องเร่งรัดการปฏิบัติงานเหล่านี้ให้เสร็จเร็วขึ้นจะต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายอีกเป็นเท่าใด

2. คาดคะเนว่าหากจะย่นเวลาการปฏิบัติกิจกรรมวิฤติ ซึ่งจะทำการปฏิบัติงานทั้งหมดในโครงการสำเร็จเร็วขึ้น จะทำให้ค่าใช้จ่ายของโครงการทั้งหมดเพิ่มขึ้นเป็นปริมาณเท่าใด

<sup>6</sup> O'Brien, James J, *Scheduling Handbook*, pp. 201-203.

Moore, P.G., *Basic Operational Research*, pp. 25-28.

การย่นเวลาการปฏิบัติงานของทางสายวิฤตตินี้ อาจทำให้ การปฏิบัติงานตามทางสายอื่นมี ด้กษณะเป็นทางสายวิฤตติขึ้นก็ได้ ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นของโครงการทั้งหมดนี้จะต้องพิจารณาทั้ง ในแง่ค่าจ้างแรงงานและค่าวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ และในแง่ผลประโยชน์อื่น ๆ ที่จะต้องเปลี่ยนแปลงเพราะว่าเวลาสิ้นสุดของการปฏิบัติงานทั้งหมดเปลี่ยนไป

นอกจากจะคำนวณทรัพยากรที่จะใช้ในองค์การในแง่ เวลา และค่าใช้จ่ายแล้ว ในการ ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ทางสายวิฤตติก็ยังอาจจะวิเคราะห์ปริมาณของทรัพยากรอื่น ๆ อีกก็ได้ ปริมาณของทรัพยากรอื่น ๆ ที่อาจวิเคราะห์ได้ เช่น จำนวนผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งแยกออกได้เป็น ประเภทต่างๆ ได้แก่ผู้ชำนาญการ (professional) ช่างฝีมือ (skilled) ช่างกึ่งฝีมือ (semiskilled) และผู้ใช้แรงงาน (unskilled) และปริมาณของวัสดุครุภัณฑ์ต่างๆ ได้แก่ เครื่องจักรขนาดใหญ่ และอุปกรณ์การปฏิบัติงานต่างๆ เป็นต้น การคำนวณปริมาณของทรัพยากรเหล่านี้ ก็กระทำในทำนองเดียวกับการวิเคราะห์เวลา และค่าใช้จ่ายที่กล่าวมาแล้ว กล่าวคือต้องเริ่มด้วยการคำนวณว่า กิจกรรมต่างๆ แต่ละขั้นจะต้องใช้ทรัพยากรประเภทต่างๆ แต่ละประเภทเป็น ปริมาณเท่าใดในช่วงเวลาใดแล้วเปรียบเทียบว่าในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ จะต้องใช้ทรัพยากรทั้งหมด ประเภทต่างๆ แต่ละประเภทเป็นปริมาณเท่าใด เมื่อกำหนดได้เช่นนี้แล้วก็พิจารณาเพิ่มหรือลด ปริมาณทรัพยากรแต่ละประเภทที่จะใช้ในกิจกรรมต่างๆ โดยยึดหยุ่นการปฏิบัติกิจกรรมที่มีได้ อยู่ในทางสายวิฤตติออกไป การปรับปริมาณทรัพยากรนี้จะต้องคำนึงถึงปัญหาที่เกี่ยวข้องหลาย อย่าง เช่น การลดปริมาณแรงงานและวัสดุครุภัณฑ์ย่อมจะต้องทำให้การปฏิบัติงานทั้งหมดล่าช้าลงไป ฉะนั้นควรจะลดเป็นปริมาณเท่าใดจึงจะไม่เสียประโยชน์ส่วนรวมขององค์การ แรงงาน และวัสดุครุภัณฑ์ที่ไม่ได้ใช้งานย่อมเป็นความสูญเสียขององค์การ ควรจะต้องพิจารณาประการใด จึงจะทำให้ความสูญเสียในเรื่องนี้เป็นผลเสียหายแก่องค์การให้น้อยที่สุด เหล่านี้เป็นต้น

**เทคนิคการใช้และปัญหาที่อาจใช้** ในการใช้เทคนิคการวิเคราะห์ทางสายวิฤตติเพื่อช่วย การประสานงานต่างๆ ผู้บริหารอาจพิจารณาเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติงาน ตามแนวต่างๆ ได้ ดังนี้ คือ <sup>7</sup>

1. เพิ่มหรือลดระยะเวลาปฏิบัติกิจกรรมแต่ละขั้น
2. เปลี่ยนโครงสร้างของสายโยงาน

<sup>7</sup> Battersby, *op. cit.*, pp. 194-200.

### 3. เปลี่ยนเป้าหมายของการปฏิบัติงาน

การปรับระยะเวลาการปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ใ้กล่าวถึงโดยละเอียดพอสมควรแล้วในหัวข้อก่อน ฉะนั้นจึงจะไม่กล่าวซ้ำอีก มีประเด็นที่ควรพิจารณาเพิ่มเติม ก็คือว่าเมื่อปฏิบัติงานไปแล้วระยะหนึ่งทางสายวิฤตติอาจจะเปลี่ยนไป ทั้งนี้เพราะมีกิจกรรมที่อยู่ในทางสายอื่นที่จะต้องเร่งรัดการปฏิบัติงานแทน ฉะนั้นผู้บริหารที่ย่อมไม่ประมาทและพิจารณาแต่เพียงกิจกรรมที่อยู่ในทางสายวิฤตติเท่านั้น กิจกรรมที่เมื่อก่อนไม่อยู่ในทางสายวิฤตติแต่มีปริมาณเวลาลอยตัว (float) ทำก็ควรจะได้ได้รับความเอาใจใส่อย่างใกล้ชิดด้วย

สำหรับการเปลี่ยนโครงสร้างของสายโยงานนั้น หมายความว่าผู้บริหารไม่จำเป็นจะยึดมั่นว่าการปฏิบัติงานในองค์การจะต้องดำเนินไปตามแผนภูมิลูกศรที่สร้างขึ้นครั้งแรกเท่านั้นโดยไม่เปลี่ยนแปลง การปฏิบัติงานตามโครงการหนึ่ง ๆ หรือหลาย ๆ โครงการพร้อม ๆ กัน อาจมีการสร้างสายโยงานได้หลายลักษณะ ผู้บริหารมีหน้าที่ที่จะต้องพิจารณาว่าจะมีทางเลือกสายโยงานอื่นใดหรือไม่เพื่อให้การปฏิบัติงานขึ้นต่าง ๆ เกิดความประสานใกล้ชิดยิ่งขึ้น บางครั้งอาจต้องเปลี่ยนแปลงทางของการปฏิบัติงานแต่ละสาย (path) เสียใหม่ กิจกรรมที่จะต้องปฏิบัติต่อเนื่องกันในสายเดียวกัน อาจต้องสลับมาอยู่ในสายที่สามารถปฏิบัติพร้อมกันไปหรือกิจกรรมบางอย่างอาจต้องจัดแยกแยะออกไปใหม่ก็ได้

เป้าหมายของการปฏิบัติงานก็เป็นสิ่งที่เปลี่ยนแปลงได้เช่นเดียวกับเวลา และโครงสร้างของสายโยงาน การประสานงานโดยอัยการวิเคราะห์ทางสายวิฤตติขึ้นอยู่กับการกำหนดเป้าหมายของการปฏิบัติงาน โครงการบางอย่างซึ่งได้กำหนดไว้แต่แรกว่าจะต้องสำเร็จภายในเท่านั้นเท่านั้นวันหรือสัปดาห์ อาจสามารถยืดเวลาออกไปเพราะความสำคัญของโครงการได้ลดลงหรืออาจต้องเร่งเวลาทำให้เร็วขึ้นโดยไม่คำนึงว่าจะต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นอีกเท่าใดเพราะสภาวะนอกบังคับ (state of nature) เปลี่ยนแปลง เมื่อเป้าหมายของการปฏิบัติงานเปลี่ยนไปเช่นนี้ ลักษณะของโครงการปฏิบัติงานก็ย่อมต้องเปลี่ยนตามไปด้วย การใช้ทรัพยากรในการปฏิบัติกิจกรรมแต่ละอย่างจึงเปลี่ยนไปเพราะการประสานงานระหว่างกิจกรรมต่าง ๆ ในโครงการไม่ได้มีลักษณะเช่นเดิม

การใช้วิธีการวิเคราะห์ทางสายวิฤตติ เพื่อช่วยในการวางแผนและประสานงานตามโครงการนี้ อาจใช้กับงานต่าง ๆ หลายประเภทในองค์การ แผนภาพที่ 15 ยกตัวอย่างงานการพิมพ์หนังสือซึ่งอาจเป็นงานเล็ก ๆ ชิ้นหนึ่งในองค์การ ในทางปฏิบัติวิธีการวิเคราะห์ทางสายวิฤตติมิได้จำกัดใช้ให้แก่เฉพาะปัญหาเล็กน้อยเช่นนี้ ตัวอย่างนี้เป็นเพียงการสมมติเพื่อความเข้าใจวิธี

การวิเคราะห์ที่ได้โดยง่าย ในตำราภาษาอังกฤษทั่วไปเมื่อกล่าวถึงเทคนิคการใช้วิธีการวิเคราะห์ทางสายวิฤตติมักจะยกตัวอย่างในเรื่องการก่อสร้าง แต่ที่จริงการวิเคราะห์ทางสายวิฤตติเป็นเทคนิคที่อาจใช้ได้กับปัญหาทุกอย่างในองค์การที่เป็นเรื่องเกี่ยวกับการจัดลำดับการปฏิบัติ (sequencing problem) งานใดก็ตามที่ต้องมีการปฏิบัติเป็นขั้นตอนและมีประเด็นในเรื่องการใช้ทรัพยากรเป็นปริมาณต่างๆ กัน ในช่วงระยะเวลาหนึ่งๆ เป็นงานที่อาจนำวิธีการวิเคราะห์ทางสายวิฤตติมาใช้ได้ทั้งนั้น ตัวอย่างของปัญหาที่อาจใช้วิธีการวิเคราะห์นี้ได้เช่น การจัดระยะเวลาการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ การวางแผนงบประมาณ การวางแผนการใช้อุปกรณ์และครุภัณฑ์ทั้งหลาย และการริเริ่มปฏิบัติงานใหม่ๆ ในองค์การ เป็นต้น

อย่างไรก็ดี แม้ว่าวิธีการวิเคราะห์ทางสายวิฤตติจะมิได้มีความสลับซับซ้อนและยุ่งยากในการใช้มากนัก ผู้บริหารก็จำเป็นต้องตัดสินใจให้ดีกว่าก่อนที่จะส่งเสริมให้มีการใช้วิธีการนี้ในการปฏิบัติงานในองค์การของตน เพราะการปฏิบัติงานโดยอาศัยเทคนิคนี้จำเป็นต้องมีค่าใช้จ่ายหลายอย่างเพิ่มขึ้นจากการปฏิบัติงานตามปกติหลายอย่าง อย่างน้อยก็จะต้องเสียค่าใช้จ่ายจ้างผู้ชำนาญการมาดำเนินการวิเคราะห์สายโยงาน ต้องมีงบประมาณสำหรับจ้างผู้ประมวลตัวเลขเกี่ยวกับทรัพยากรที่ต้องใช้ในกิจกรรมต่างๆ และอาจจะต้องเสียค่าจ้าง ในการใช้เครื่องจักรกลคณนา (computer) มาช่วยในการคำนวณผลลัพธ์ต่างๆ สำหรับในกรณีที่องค์การมีโครงการใหญ่ๆ ในการปฏิบัติงานที่จะต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงการใช้เทคนิคการใช้ทางสายวิฤตติช่วยก็ย่อมมีประโยชน์คุ้มรายจ่าย เพราะเป็นการประกันความสูญเสียซึ่งอาจจะมิได้เป็นปริมาณมาก ๆ

### บรรณานุกรม

- Barnetson, Paul, *Critical Path Planning*, Princeton, Brandon Systems Press, 1970. 102 pp.
- Battersby, Albert, *Network Analysis for Planning and Scheduling*, London, Macmillan and Co., 1970. 332 pp.
- Moore, P. G., *Basic Operational Research*, London, Sir Isaac Pitman and Sons Ltd., 1968. 185 pp.
- O' Brien, James I., *Scheduling Handbook*, N.Y., McGraw-Hill Book Co., 1969. 605 pp.
- Rathe, Alex W., ed., *Gantt on Management*, N.Y. American Management Association, 1960. 288 pp.
- Richmond, Samuel B., *Operations Research for Management Decisions*, N. Y., Ronald Press Co., 1968. 615 pp.

สุคนธ์รังษี, สวัสดิ์, *การบริหารด้วยการวิจัยปฏิบัติการ*, เอกสารการศึกษาระดับปริญญาโท สาขาบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิถียุคใหม่ (โรเนียว) สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ 2515, 71 หน้า